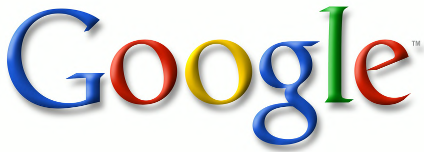
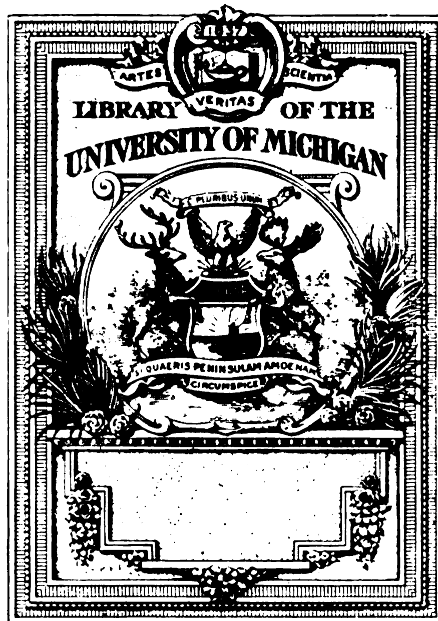



A 3 9015 00385 000 8
University of Michigan –, BUHR


ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

ANNALES

DES MINES.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les ANNALES DES MINES sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Ministre des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, de membres du conseil général des mines, du directeur et des professeurs de l'École des mines, et d'un ingénieur remplissant les fonctions de secrétaire :

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des ANNALES DES MINES pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les ANNALES DES MINES doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre des Travaux Publics, à M. l'ingénieur, secrétaire de la commission des* ANNALES DES MINES, boulevard Saint-Michel, n° 60, à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 15 exemplaires de leurs articles formant au moins une feuille d'impression. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 9 fr. par feuille jusqu'à 50, 10 fr. de 50 à 100, et 5 fr. pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des ANNALES DES MINES a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. — Les deux volumes consacrés aux matières scientifiques et techniques contiennent de 70 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

822. — PARIS. — IMPRIMERIE CUSSET ET Ce, RUE RACINE, 26.

ANNALES

DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT,

RÉDIGÉES

PAR LES INGÉNIEURS DES MINES,

ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

SIXIÈME SÉRIE.

MÉMOIRES. — TOME XX.

PARIS.

DUNOD, ÉDITEUR,

SUCCESSEUR DE Vve DALMONT,

Précédemment Carilian-Gœury et Victor Dalmont,

LIBRAIRE DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES.

Quai des Augustins, n° 49

1871

ANNALES

DES MINES.

MÉMOIRE

SUR

UNE NOUVELLE ESPÈCE MINÉRALE RENCONTRÉE DANS LE GÎTE D'ÉTAIN DE MONTEBRAS (CREUSE) (*).

Par M. L. MOISSENET, Professeur de Docimasie à l'École des mines.

INDICATIONS GÉNÉRALES.

Les travaux d'exploration sur le gîte d'étain de Montebras ont été commencés le 7 juin 1865. Depuis cette époque, de nombreux filons stannifères ont été reconnus et suivis; des puits ont été foncés à des profondeurs de 20, 30, 60 et 110 mètres, et des galeries ouvertes à divers niveaux, dont les principaux sont à 20, 35, 50 et 90 mètres au-dessous de la surface. La région explorée souterrainement s'étend sur une longueur de 750 mètres de l'est à l'ouest et de 400 mètres du nord au sud. Le total des percements, puits, galeries, cheminées, effectués en six ans est d'environ 5.000 mètres.

(*) Ce mémoire a été présenté à l'Académie des sciences dans sa séance du 31 juillet 1871. Dans une note insérée p. 306 des *Comptes rendus* du même jour, M. Des Cloiseaux a décrit certaines propriétés minéralogiques de cette espèce nouvelle et lui a donné le nom de ***Montebrasite***

Ces travaux m'ont conduit à de nombreuses observations sur les conditions d'existence de l'étain oxydé : terrains encaissants; allures et composition des filons; caractères de leurs parties riches. Les minerais, les roches principales et quelques minéraux ont été l'objet d'une série d'analyses faites au bureau d'essai de l'École des mines.

Je me propose seulement ici d'appeler l'attention sur un groupe minéral assez remarquable, comprenant les phosphates, les fluorures et les fluophosphates, et notamment sur un *fluophosphate d'alumine, soude et lithine*, qui constitue une espèce minérale nouvelle, véritable type défini par lui-même et par ses dérivés locaux la wawellite et la turquoise.

On a rencontré à Montebras les phosphates d'alumine, de chaux, de fer, de cuivre et le phosphate d'urane et de cuivre ou chalcolite. Malgré la présence du manganèse dans la plupart des filons, le phosphate de ce métal, connu dans la Haute-Vienne, n'a pas encore été observé à Montebras.

Le spath fluor se présente en veinules ou plaquettes avec petits cubes violets; mais il est peu abondant.

L'*apatite* constitue dans certains points des filons une véritable gangue; elle est tantôt en petites masses grenues et cristallines, tantôt en prismes hexagonaux. Ceux-ci sont rarement complets; les plus gros atteignent 6 à 8 millimètres de diamètre. L'apatite de Montebras est d'un bleu un peu gris ou violacé, très-sensible malgré l'éclat gras du minéral. J'y ai constaté la présence du manganèse.

Le *phosphate de fer* et celui de cuivre se trouvent associés et intimement mélangés : ils sont verts l'un et l'autre; tantôt en minces plaquettes dans des joints, tantôt en mouches dans le quartz, enfin en petites masses dans des géodes; mais jusqu'ici toujours amorphes.

La *chalcolite* est extrêmement répandue; on a trouvé quelques échantillons de belles paillettes, mais presque

toujours les paillettes sont très-petites. La chalcolite abonde dans les croiseurs et, à leur voisinage, elle a pénétré dans les matières des filons; on voit fréquemment des paillettes superposées même à l'étain oxydé; elles existent par places dans de simples joints, orientés nord-est, c'est-à-dire suivant la direction des croiseurs à Montebras; il en est particulièrement ainsi dans divers points de l'elvan.

Fluophosphate d'alumine, de soude et lithine.—Ce minéral a été analysé au bureau d'essai de l'École des mines; en même temps, M. Des Cloiseaux a déterminé ses propriétés minéralogiques, et reconnu, de son côté, qu'il constituait une espèce nouvelle; il appartient à M. Des Cloiseaux de faire connaître le résultat de ses observations.

J'exposerai successivement ici :

1° Le bref historique des circonstances dans lesquelles ce fluophosphate a été déterminé;

2° Les propriétés chimiques, la composition du minéral; la méthode adoptée pour l'analyse; enfin les conclusions qui me semblent pouvoir être déduites des résultats analytiques, quant à la constitution intime du minéral;

3° Les principales circonstances de son gisement.

Voici, tout d'abord, pour fixer les idées, le résultat des dosages rapportés à 100 p. du minéral.

Fluor	26,50
Acide phosphorique	21,80
Alumine	38,20
Soude	6,70
Lithine	6,50
Chaux	2,00
Quartz (adventif)	2,25
Perte par calcination	0,60
Total	104,55

§ I. — Historique.

Parmi les débris de roches et les fragments de quartz, gangues diverses et minerai abandonnés à la surface par les anciens, on remarquait des morceaux, souvent volumineux, d'un minéral blanc mat, un peu lustré, ressemblant, sauf par les clivages, à du feldspath.

Une partie des fragments étaient sillonnés de veines plus ou moins épaisses de wawellite; d'autres étaient en même temps teintés sur certaines faces d'une belle nuance bleu clair, qui pénétrait le minéral à d'inégales profondeurs.

Les nombreux visiteurs, ingénieurs et minéralogistes, auxquels j'avais eu l'occasion de montrer ces matières, les avaient regardées avec curiosité; mais il semble que la wawellite ait toujours attiré seule l'attention. Jusqu'à l'été de 1869, le minéral passa pour un singulier feldspath.

A cette époque, des essais de fusibilité faits dans un four à porcelaine de Vierzon sur divers échantillons d'orthose de Montebras, portèrent aussi sur un fragment du minéral blanc et démontrèrent que ce n'était pas un feldspath.

Au même moment une branche de la galerie d'écoulement arrivait, sous un couvert de 30 mètres, à l'aplomb des points où les fouilles superficielles des anciens présentaient les plus remarquables échantillons du minéral. La galerie y recoupait un puissant filon stannifère, orienté est-ouest, et contenant engagé dans le quartz, outre l'étain oxydé, du feldspath orthose rosé, de l'argile brun rouge et un minéral certainement assimilable aux morceaux de surface précités. La substance rencontrée à 30 mètres est semi-translucide avec une teinte légèrement violacée; elle a d'ailleurs l'éclat gras lustré, la cassure esquilleuse, la structure lamellaire et les deux principaux clivages du minéral blanc mat. Son aspect suffit à faire soupçonner la présence du fluor; un échantillon fut examiné sommaire-

ment au bureau d'essai, et l'on reconnut promptement, qu'au point de vue des éléments constituants, ce minéral appartenait au groupe de l'*amblygonite* et de l'*herderite*.

Les deux principaux clivages donnaient des angles d'environ 75° et 105° observés sur l'amblygonite, la densité 3,11 était aussi la même. Mais dès les premiers essais, on constata que la proportion de fluor était bien supérieure à 8,11 p. 100, quantité indiquée par Rammelsberg dans l'amblygonite d'Arnsdorf.

La certitude d'avoir affaire à un fluophosphate d'alumine, soude et lithine, expliqua la génération de la *wawellite* comme minéral d'altération, et permit de reconnaître dans les parties bleu clair la *turquoise*, autre dérivé phosphaté, teinté par un peu de cuivre.

§ II. — Composition du fluophosphate.

Propriétés chimiques. — Analyse du minéral.

Sous l'influence de la chaleur, le minéral en fragments décrépite avec violence ; en ayant soin de pulvériser finement la matière, on évite toute décrépitation, et l'on obtient au rouge la fusion pâteuse, difficilement complète à cette température. Après refroidissement, la matière fondue est d'un blanc opaque.

Les acides azotique, chlorhydrique et sulfurique attaquent le minéral à des degrés différents. L'acide azotique concentré n'attaque que lentement, même avec l'aide de la chaleur ; l'action de l'acide chlorhydrique est plus énergique, mais le véritable dissolvant est l'acide sulfurique. Le minéral porphyrisé est facilement et entièrement décomposé par l'acide sulfurique. En chauffant doucement, tout se dissout et le fluor est expulsé.

Les échantillons rencontrés jusqu'ici contiennent tous

quelques petits filets et veinules de quartz qu'il est impossible de séparer par triage. Ces traces de quartz ne s'opposent pas au dosage des divers éléments, mais introduisent quelque incertitude dans la pesée des prises d'essai.

On a choisi pour l'analyse un échantillon semi-translucide, violacé, clivable, paraissant exempt d'altération atmosphérique. Voici la méthode qui m'a paru la plus exacte et qui a été appliquée.

L'analyse comprend quatre séries d'opérations, partant chacune d'une prise d'essai spéciale :

1° Dosage du fluor;
2° Perte par calcination;
3° Dosage de l'acide phosphorique, de l'alumine et de la chaux;
4° Dosage des alcalis.

Les deux premières déterminations sont conduites d'après la marche décrite dans le *Traité d'analyse* de M. Rivot. Pour le dosage du fluor, on doit se souvenir qu'il est nécessaire de mêler deux parties de quartz avec une partie du minéral, et de fondre ce mélange avec six parties de carbonate de soude. Si dans cette première attaque on négligeait l'addition du quartz, on sait qu'à la reprise par l'eau, une partie du fluor resterait dans le résidu insoluble.

La perte par calcination se fait sur un mélange du minéral avec un excès d'oxyde de plomb.

Dosage de l'acide phosphorique, de l'alumine et de la chaux.

On opère sur 3 grammes de minéral porphyrisé; on attaque par l'acide sulfurique, dans une capsule de platine et en chauffant très-doucement; l'acide fluorhydrique se dégage et les traces de quartz sont expulsées à l'état de fluorure de silicium.

Lorsque le dégagement est terminé, le mélange comprend : l'acide phosphorique, les sulfates des diverses bases,

et ne doit contenir en outre que des traces d'acide sulfurique libre; la matière refroidie est dissoute dans très-peu d'eau, puis on ajoute du sulfate d'ammoniaque et laisse digérer vingt-quatre heures; la liqueur additionnée d'alcool subit une nouvelle digestion. Les sulfates insolubles sont recueillis sur un filtre et lavés à l'alcool, et l'on poursuit dans la liqueur alcoolique le dosage de l'acide phosphorique par les procédés connus.

Quant aux sulfates, on sèche, sépare du filtre qui est brûlé à part et dont les cendres sont réunies à la matière desséchée; on traite par ébullition avec le carbonate de soude qui transforme les sulfates en un mélange de carbonate de chaux avec de l'alumine. On filtre et l'on vérifie dans la liqueur alcaline s'il y a un peu d'alumine en dissolution; on l'y recueille au besoin et la réunit avec le mélange précédent. La séparation de l'alumine et de la chaux se fait par la méthode des azotates.

La partie réellement délicate, dans cette série d'opérations, est la séparation de l'acide phosphorique et de l'alumine. J'ai rappelé que la liqueur contenant acide phosphorique et sulfates ne devait renfermer que des traces d'acide sulfurique libre; on ne saurait ici compter sur l'évaporation pour se débarrasser d'un excès initial d'acide sulfurique, car les vapeurs de cet acide entraîneraient une partie notable de l'acide phosphorique. On trouvera donc généralement intérêt, après une première analyse du minéral, à calculer le poids d'acide sulfurique qui est à peu près strictement nécessaire pour donner des sulfates neutres avec les bases déterminées dans cette première approximation : en recommençant l'attaque avec une quantité d'acide à peine supérieure au poids ainsi calculé, on aura chance de bien réussir la séparation de l'acide phosphorique et de l'alumine.

DOSAGE DES ALCALIS.

On opère sur 4 grammes de minéral porphyrisé; l'attaque se fait encore par l'acide sulfurique et dans les mêmes conditions, mais sans qu'il y ait grand inconvénient à employer un léger excès d'acide. La matière attaquée est reprise par l'eau; tout se dissout; on fait passer la liqueur sulfurique dans une grande fiole, et on l'étend de beaucoup d'eau. On ajoute un peu d'acide azotique et verse de l'azotate de baryte en léger excès; l'acide sulfurique est précipité à l'état de sulfate de baryte, on décante et filtre. Le précipité est bien lavé, puis purifié, enfin jeté. Les diverses liqueurs résultant des décantations, lavages et purification sont concentrées, au besoin, puis réunies; elles renferment, comme bases, les alcalis, de la chaux, de l'alumine et de la baryte et, comme acides, elles ne contiennent que les acides phosphorique et azotique. On traite par l'ammoniaque qui précipite la totalité de l'acide phosphorique à l'état de phosphate avec l'alumine et plus ou moins de chaux et de baryte. Après bon lavage on jette le précipité.

La liqueur ammoniacale ne contient pas d'autre acide que l'acide azotique; elle renferme la totalité des alcalis et une fraction quelconque de la chaux du minéral et de la baryte introduite à l'état d'azotate. On évapore à sec, chasse l'azotate d'ammoniaque, reprend par l'acide oxalique concentré, évapore et calcine. Le résidu est repris par l'eau, qui laisse insoluble les carbonates de chaux et de baryte et dissout les carbonates alcalins. Cette dissolution est évaporée, on calcine et pèse l'ensemble des carbonates neutres. On les transforme en chlorures que l'on traite par le mélange d'éther et d'alcool dans lequel le chlorure de lithium est seul soluble. La lithine est dosée à l'état de sulfate neutre. Dans la partie restée insoluble, on constate l'absence du potassium.

Malgré la multiplicité des opérations, on peut affirmer que le dosage des alcalis est effectué dans des conditions relativement satisfaisantes.

Discussion des résultats de l'analyse. — Hypothèse sur la constitution moléculaire du minéral.

Tous les chimistes admettront que l'analyse des minéraux phosphatés et fluorés est très-délicate et qu'elle comporte des résultats forcément entachés d'erreur; il est donc utile de critiquer les dosages obtenus.

J'ai déjà signalé l'incertitude inhérente à la présence de petites veinules de quartz; le dosage du fluor est imparfait, on peut en dire autant de la perte par calcination, en présence de ce métalloïde : la perte est d'ailleurs trop faible pour que l'on puisse regarder le minéral comme contenant de l'eau combinée en proportion définie.

L'acide phosphorique est certainement dosé *en moins*, car on ne peut éviter, lors de l'attaque par l'acide sulfurique, une légère perte d'acide phosphorique par entraînement, et il est en outre bien difficile de laver complétement à l'alcool les sulfates insolubles.

Quant à l'alumine, j'admets qu'on ait réussi à éviter l'excès d'acide sulfurique; elle sera alors dosée *en plus*, car une petite quantité d'acide phosphorique aura pu être retenue par les sulfates imparfaitement lavés et restera, au moins en partie, avec l'alumine dans les réactions ultérieures.

Sauf les pertes inévitables, le dosage des alcalis présente ici une assez grande exactitude.

Outre les inexactitudes qui affectent les dosages, il est bon de se rappeler que les échantillons obtenus jusqu'ici n'offrent pas tous les caractères de pureté de cristaux bien définis et exempts de mélange; en sorte que la substance analysée présente sans doute quelques variations, ou aberrations naturelles, quant au *type* auquel elle se rapporte.

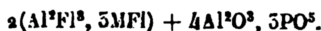
Sous le bénéfice de ces réserves, il m'a paru cependant intéressant de chercher si la composition trouvée par l'analyse répondait à une formule bien équilibrée.

Voici les considérations qui m'ont guidé dans la recherche de la formule.

Le fluor est en forte proportion ; j'ai pensé que, par comparaison avec le type le plus net des fluorures doubles (la cryolite), il pouvait être réparti également entre les métaux alcalins et le métal terreux ; dans cette hypothèse, le reste de l'aluminium devait être combiné, à l'état d'alumine, avec l'acide phosphorique, et, comme vérification, il devait y avoir un rapport simple d'équivalents entre les deux groupements : fluorure double et phosphate d'alumine.

Les deux dérivés du minéral de Montebras étant la wawellite et la turquoise, et ces deux dérivés résultant, d'une manière à peu près évidente, de l'altération du fluophosphate sous l'influence des eaux minérales des filons, la formule cherchée doit se prêter à l'explication de ce mode de génération. Or, malgré l'incertitude incontestable qui règne encore sur la composition de ces deux dérivés, on peut les regarder comme des phosphates basiques hydratés d'alumine retenant, sans doute l'un et l'autre, mais à coup sûr quant à la wawellite, des proportions variables de fluorures.

Le calcul des résultats de l'analyse conduit pratiquement à une formule qui concorde avec les vues précédentes : le phosphate basique d'alumine contient, à l'état d'oxyde, deux fois autant d'aluminium qu'il entre de ce métal dans le fluorure double. Je propose comme *formule en équivalents :*



$$2(Al^2Fl^3, 3MFl) + 4Al^2O^3, 3PO^5.$$

Ce qui donne, en groupant les équivalents et divisant par le facteur 3, la *formule brute :*



$$Al^4M^2O^9Fl^4P.$$

Dans le tableau suivant sont inscrits en regard les chiffres calculés d'après la formule et ceux qui ressortent des dosages (*).

	COMPOSITION DU MINÉRAL				
	calculée d'après la formule C		résultant des dosages D		Différences D — C
Fluor.		27,89		26,05	— 1,84
Phosphore.		11,38		9,52	— 1,86
Aluminium.		20,20		20,40	+ 0,20
Sodium.	5,28		4,97		
Lithium.	3,03	9,74	3,03	9,43	— 0,31
Calcium.	1,43		1,43		
Oxygène.		26,42			Total. — 3,81
		95,63 minéral calculé.			
		2,25 quartz (adventif).			
		0.60 perte par calcination.			
		98,48			

Nota. Sur 95,63 p. 100 de minéral supposé pur et anhydre, on aurait à l'état de combinaison les proportions suivantes de fluorure double et de phosphate basique :

Fluorure double.	44,36	95,63
Phosphate d'alumine.	51,27	

On passe de la formule brute en équivalents à la *formule atomique* en doublant les équivalents du fluor et du phosphore ; on a ainsi :

Formule atomique :



$$Al^4M^2O^9Fl^8P^2,$$

soit un total de 25 atomes pour la molécule du minéral.

En appliquant les idées de M. Gaudin sur l'arrangement des atomes conformément aux lois de la symétrie, il est facile de construire la molécule.

Elle est évidemment composée de 3 files parallèles contenant chacune 5 atomes ; une des files forme l'axe central, les quatre autres sont les arêtes d'un prisme droit à base quarrée. Perpendiculairement à l'axe, les atomes sont disposés dans cinq plans équidistants ; dans chaque plan la

(*) J'ai employé pour ce calcul la méthode indiquée par M. Adam, *Tableaux minéralogiques, Annales des mines*, 6e série, t. XV, p. 417.

figure est un quarré avec atome central et 4 atomes identiques aux angles; le plan du milieu est compris entre deux groupes de plans de composition identique deux à deux.

Les *fig.* 1 à 4, Pl. I, montrent le mode de groupement le plus probable. La *fig.* 1 est une coupe par un plan médian suivant l'axe; ce dernier est une file contenant: 1 d'oxygène au centre, compris entre 2 de métal alcalin et au delà 2 de phosphore. Chaque arête est une file formée de 1 d'aluminium, 2 d'oxygène et 2 de fluor.

Les *fig.* 2, 3 et 4 donnent:

Plan du milieu: 1 d'oxygène au centre, 4 d'aluminium aux angles;

2 plans intermédiaires: 1 de métal alcalin, 4 d'oxygène;

2 plans extrêmes : 1 de phosphore, 4 de fluor.

Outre la solution figurée ici, on peut en concevoir trois autres, résultant de variations dans la situation relative de certains atomes, mais sans modification possible du type de la molécule. Ainsi : 1° les deux plans intermédiaires peuvent être intervertis avec les deux plans extrêmes; 2° les deux atomes de métal peuvent échanger leur place avec les 2 de phosphore (*). Pour ne parler que de la première solution, on trouve que la loi de symétrie de M. Gaudin y est vérifiée 28 fois.

Comment ces molécules complexes se groupent-elles dans le minéral? Telle est la question que j'ai soumise à M. Gaudin. La *fig.* 5, tracée par lui, repose sur les principes suivants: deux molécules α et β se rangent d'abord de façon que les files d'atomes sont parallèles, que les plans passant

---

(*) Si l'on admet cet ordre de considérations, on doit s'attendre à voir ces quatre solutions se traduire dans l'espèce minérale par une cristallisation difficile, avec irrégularités correspondantes; à cette cause de perturbation il faudrait ajouter ce fait que sous le terme *métal alcalin*, on comprend ici sodium, lithium et calcium, corps analogues, mais distincts.

respectivement par l'axe et deux arêtes coïncident et que les arêtes les plus voisines sont situées dans ce plan commun, à distance d'atomes.

Ceci accompli, deux autres molécules γ et δ viennent se placer symétriquement : les axes et files restant parallèles, le nouveau plan médian commun est perpendiculaire au précédent et le coupe au milieu des deux arêtes voisines, ci-dessus indiquées ; enfin dans ce second plan, l'arête de chaque molécule γ, δ, intérieure au système, se range ellemême dans le plan des arêtes latérales des deux premières molécules α, β.

Tel est le *premier* groupement de quatre molécules. La *fig.* 5 représente ce groupe projeté sur un plan perpendiculaire à la direction des files ; si l'on joint les centres, on a un *losange* dont l'angle aigu est égal à deux fois angle tang $\frac{3}{4}$; le calcul donne :

Angle aigu = 73° 44′ 24″.
Angle supplémentaire = 106° 15′ 36″.

Sans pousser plus loin cet examen, il est permis de présumer que les angles ci-dessus, appartenant au type du minéral supposé pur, doivent être très-voisins d'angles mesurés au goniomètre.

Voici la seule conclusion qu'il me semble utile de tirer de la présente hypothèse sur la constitution du minéral.

En admettant comme exacte la théorie moléculaire de M. Gaudin, elle doit servir à la détermination du type naturel, hypothétiquement pur ; elle doit donc conduire à la *rectification théorique* des résultats de l'analyse et des mesures minéralogiques et relier les propriétés chimiques et physiques observées.

Il m'a semblé intéressant de tenter l'application de ces vues théoriques à un minéral nouveau et de les trouver, en ce qui me concerne, en concordance avec la composition chimique fournie par l'analyse.

§ III. — Gisement du fluophosphate a Montebras.

Le mode de gisement du fluophosphate ne saurait être utilement décrit qu'après l'exposé sommaire des circonstances dans lesquelles on rencontre l'étain à Montebras, car le nouveau minéral, par sa fréquence et celle de ses dérivés dans certains filons, peut être regardé comme une des gangues de l'étain oxydé.

Les roches encaissantes de Montebras sont un granite ancien, du porphyre quartzifère et une roche verte. Le porphyre quartzifère ne diffère en rien de l'elvan du Cornwall, et la roche verte est identique à celle rencontrée dans certains gisements stannifères de la Saxe; ces deux roches sont felsdspathiques, mais l'elvan représente le type acide et la roche verte le type basique. Leur influence sur la composition des filons qui les traversent est parfaitement caractérisée par la nature des gangues et les propriétés minéralogiques de l'étain oxydé.

L'étain est rencontré et suivi dans quatre groupes de filons, orientés chacun suivant une direction bien définie. Ces directions sont celles des systèmes stratigraphiques du Land's End, du Westmoreland, du Morbihan et de la Vendée. L'étude du coteau de Montebras et des terrains environnants, faite aux divers points de vue topographique, géologique et minéralogique, m'avait conduit, avant l'ouverture des travaux, à la conviction de l'existence de veines métallifères dans ces diverses directions.

Cette conviction a été entièrement justifiée par l'expérience. Me réservant d'exposer ailleurs avec plus de développements le rôle de chacun de ces systèmes à Montebras, il suffira de donner ici quelques indications spécialement relatives au gisement du fluophosphate.

Le système du Land's End, dont l'âge correspond au dépôt des terrains dévoniens, et dont les fentes sont pos-

térieures à celle des trois autres systèmes précités, est représenté à Montebras par plusieurs filons, qui pénètrent, suivant leur parcours, dans les trois roches encaissantes, granite, elvan et roche verte. Or c'est à ce système que se rattachent particulièrement le fluophosphate et ses dérivés.

Au voisinage de ces filons et sur une certaine étendue, les veines orientées selon les autres systèmes sont partiellement remplies par les matières caractéristiques des filons Land's End.

La turquoise, dont la nuance d'un bleu très-pur est fort belle à la lumière, a, dès les premiers travaux, fixé l'attention des mineurs, qui l'appellent du *bleu*.

Nous avons rencontré successivement ce *bleu* dans les filons stannifères des quatre groupes; mais chaque fois qu'elle s'est présentée dans les veines orientées selon les sytèmes de la Vendée, du Morbihan et de Westmoreland, nous avons pu relier sa présence au voisinage d'un filon Land's End, que ce filon eût été, *ou non*, déjà reconnu par les travaux.

Si donc les minéraux phosphatés et fluorés se rencontrent à Montebras dans les divers filons stannifères, il n'en est pas moins bien assuré que *le nouveau minéral et ses dérivés appartiennent essentiellement à des sources alignées suivant la direction du Land's End.*

Quant aux relations du minéral avec les roches encaissantes, nous avons pu constater en divers points fort espacés et appartenant à différents filons, que le minéral abonde surtout dans les parties des veines ouvertes dans le granite au voisinage de l'elvan : que le filon ait l'elvan pour mur et le granite pour toit, ou qu'il soit en plein granite, mais à peu de distance de l'elvan; dans les points où l'elvan est la seule roche encaissante, nous n'avons pas encore trouvé le fluophosphate; enfin, lorsque la roche verte forme le toit ou le mur du filon, on peut être assuré de l'absence du fluophosphate et de ses deux dérivés, car l'a-

cide phosphorique a été dans de pareilles zones entièrement fixé par la chaux et y a produit l'apatite manganésifère bleuâtre, ci-dessus mentionnée.

Ainsi l'on peut affirmer que les ***points d'élection*** pour la formation du minéral sont ***les canaux orientés suivant la direction Land's End et ouverts dans le granite au voisinage immédiat de l'elvan.***

C'est du reste dans ces conditions que nous avons rencontré, soit à la surface, soit par nos galeries, les plus beaux échantillons de fluophosphate, et c'est par la description détaillée de quelques-uns de ces points d'élection que je vais essayer de préciser les circonstances caractéristiques de son gisement.

A la surface, le minéral quoique répandu sur une grande étendue, abondait surtout au milieu des fouilles anciennes, dites du Communal; il y était parfois en bloc de 20, 30 kilogrammes et au delà. Ces fragments d'un blanc opaque sont sillonnés de veines de wawellite, et teintés par place d'un bleu turquoise (*).

J'ai dit plus haut que sous cette région nous avions atteint, à 30 mètres du jour, le fluophosphate translucide. Voici quels sont, en ce point, les roches encaissantes et la composition des filons.

Le porphyre forme le mur; il est kaolinisé sur une grande épaisseur; de telle sorte que la roche, conservant à distance l'aspect d'un elvan consistant, est en réalité une

(*) Les fouilles de Montebras ont depuis longtemps attiré l'attention des archéologues de la Creuse. Dans son introduction au Dictionnaire archéologique de ce département : *Époque celtique* (Caen, 1871), M. P. de Cessac, inspecteur de la Société française d'archéologie, parle de Montebras avec intérêt. Un membre distingué de la même société, M. le docteur Chaussat, m'exprimait récemment l'opinion que les anciens avaient dû rechercher à Montebras, outre l'étain, la turquoise (calaïte ou callaïs de Pline), comme précieux objet d'ornement. Il ne me paraît pas du tout impossible que l'exploitation moderne ne trouve un jour, dans cette pierre remarquable, une source inattendue de profits.

argile d'un gris rosé avec cristaux de quartz bipyramidés. Le toit est du granite de dureté moyenne.

Le filon est orienté Land's End ; il plonge au sud sous une très-faible inclinaison, d'environ de 30 à 35 degrés avec l'horizon ; sa puissance atteint par places 3 à 4 mètres.

Des galeries ont été ouvertes dans le filon à divers niveaux : à 15 mètres sous la surface et vers 30 mètres (galerie d'écoulement) ; une cheminée ou descente oblique, creusée dans le filon, relie ces deux niveaux ; elle mesure environ 23 mètres suivant sa pente.

Au niveau de 15 *mètres* qu'avaient atteint les travaux anciens, la région du mur comprend des argiles blanches et rosées contenant par place des mouches d'étain oxydé ; la région du toit est éminemment quartzeuse ; le quartz renferme de l'orthose rosé et des mouches d'étain, dont les plus grosses dépassent le poids de 1 kilogramme ; c'est principalement dans les argiles, au voisinage du quartz, que l'on trouve une série de masses ou boules du fluophosphate à l'état opaque et plus ou moins modifié.

Les boules sont généralement englobées dans une argile dure, de couleur brun rouge ou lie de vin (*).

L'argile enlevée laisse une surface caverneuse irrégulièrement corrodée ; ces corrosions pénètrent, ou non, l'intérieur de la masse. Si la masse est compacte, on reconnaît en la brisant qu'elle est sillonnée de joints ou veinules ; les plus minces ont quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur et sont formés par une sorte de feuille de wawellite

(*) L'analyse de cette argile donne sur 100 parties :

Silice	49,33
Alumine	33,83
Peroxyde de fer	0,83
Acide phosphorique	0,07
Eau combinée	14,59
Total	98,65

La cassure est conchoïdale ; par exposition à l'air la matière se délite *à la façon* des marnes.

colorée en gris ou brun et quelquefois la tranche du joint montre les bords teintés en bleu ; les joints les plus épais sont remplis de superbes radiations de wawellite, dont les secteurs sphériques radiés sont enchevêtrés, mais toujours de manière que les centres s'appuient de part et d'autre sur les faces du joint : la wawellite est alors blanche ou bleuâtre, ou verdâtre ; lorsqu'elle n'a que quelques millimètres elle paraît souvent bleu turquoise par transparence reposant, dans ce cas, sur un fond de cette matière ; on rencontre des veines de wawellite de 2 centimètres d'épaisseur.

Certains fragments des boules de fluophosphate présentent des faces presque planes de plusieurs décimètres quarrés et entièrement formés de turquoise sur une faible épaisseur.

Lorsque la masse du minéral est plus profondément corrodée, on peut s'attendre à voir le quartz (avec l'aspect qui le caractérise dans les filons Land's End) pénétrer, soit sous forme de grosses veines, soit en nodules toujours reliés par des veinules quartzeuses. Souvent le quartz est accompagné dans le minéral par l'étain oxydé qui est toujours ici mêlé d'argile jaune clair ; en renversant la proposition, on peut dire que *toute mouche d'étain oxydé observée dans le minéral s'y trouve au contact d'une branche ou veinule de quartz.* Les corrosions profondes ont produit des géodes tapissées de wawellite, et d'autres cavités à structure cloisonnée, colorées en bleu ou en bleu verdâtre.

Au niveau de 30 *mètres*, le minéral translucide est engagé dans le quartz stannifère ; on retrouve l'argile rouge ou violacée ; certaines parties du minéral sont opaques, blanches ou bleues ; mais les phénomènes de corrosion sont beaucoup moins développés.

A 80 mètres à l'est, la galerie d'écoulement a recoupé, sous un couvert de 36 mètres, un filon plongeant sud

et encaissé également entre le granite et le porphyre : en ce point ces deux roches sont très-dures, et il en est de même du filon essentiellement composé de quartz et de feldspath, partie rosé, partie violacé. L'étain oxydé est dans le quartz en mouches ou en masses compactes, contenant un peu d'argile jaune clair, il est gris noir, à grain d'acier, extrêmement dur. Lorsque l'étain est engagé dans le feldspath il est à mouches noires, moins dures ayan une structure fibreuse. Divers minéraux du cuivre s'y rencontrent en très-petites mouches : cuivre natif, oxydulé, sulfuré, pyriteux, phosphaté amorphe et alors associé au fer phosphaté vert. L'argile rouge forme des nids dans les gangues dures. Enfin le fluophosphate, quoique situé à une profondeur un peu plus grande et dans un terrain incomparablement plus dur, se présente ici sous son aspect blanc opaque.

On peut conclure déjà de ce fait que la propriété de translucidité n'est pas une conséquence forcée de la profondeur ni de l'agrégation des roches ; nous en avons une autre preuve au niveau de 90 mètres ouvert dans le puits d'épuisement, car le fluophosphate y a été rencontré cette année et s'y montre opaque et par place gris violacé dans toute sa masse.

Il serait superflu de suivre le minéral dans tous les points de la mine où il a déjà été reconnu ; mais il est bon de constater que dans bien des veines où il est rare, son influence est encore rendue manifeste par la présence de ses deux dérivés et notamment par une grande abondance de turquoises, plus ou moins caverneuses. On voit souvent alors dans cette turquoise des *mouches d'étain* plus ou moins cristallisées, complétement engagées *dans la gangue bleue, sans contact avec aucun filet quartzeux.*

Quel a été, dans la formation des diverses substances minérales du gîte, le rôle des eaux fluorées et phosphoriques ? Les faits consignés ci-dessus pourraient certaine-

ment donner lieu dès à présent à d'utiles et intéressantes hypothèses; mais je crois préférable de poursuivre d'abord l'examen chimique des dérivés du fluophosphate, c'est-à-dire de la wawellite et de la turquoise, et de définir plus complétement les diverses circonstances de leur gisement et leur relation avec l'étain oxydé. L'interprétation de tous ces éléments d'une même question pourra sans doute alors apporter quelque lumière dans l'étude des conditions qui ont présidé à la formation de ce groupe minéral.

Des faits observés, on peut cependant conclure dès aujourd'hui que l'étain oxydé associé au fluophosphate n'a pas été englobé par lui, mais qu'il s'est au contraire introduit dans ce minéral postérieurement à sa formation, et le plus souvent à l'aide de dissolvants, qui ont transformé plus ou moins complétement le minéral en turquoise.

En somme, dans l'état actuel des observations, ***le nouveau minéral se serait produit et déposé surtout dans les sources alignées suivant les fentes du système Land's End, aux points où ces filons s'ouvrent dans les régions granitiques voisines de l'elvan, et cela, antérieurement à la formation dans ces mêmes points de l'étain oxydé.***

Résumé.

Cette étude sommaire m'a conduit à toucher à divers points qui appellent d'eux-mêmes un complément d'information; qu'il me soit donc permis de résumer le but que je me suis proposé dans ce travail.

— En signalant l'existence d'une nouvelle espèce minérale, j'ai cru devoir décrire les procédés d'analyse qui ont servi à déterminer sa composition.

— Ces procédés ne sont en eux-mêmes que la combinaison d'une suite de méthodes de séparation déjà connues; mais ils m'ont paru pouvoir s'appliquer avec avan-

tage, non-seulement à ce minéral, mais au groupe de phosphates plus ou moins fluorés qui en dérivent.

— En appliquant à cette espèce nouvelle les vues de M. Gaudin sur la constitution moléculaire des substances minérales cristallisées, j'ai cherché à vérifier la formule que posséderait le minéral à l'état de *type théoriquement pur.*

— Tel qu'il est rencontré aujourd'hui, le fluophosphate rend compte de la présence, à Montebras, de deux minéraux, wawellite et turquoise, qui, je le crois du moins, n'ont été jusqu'ici trouvés et décrits que séparément; peut-être sera-t-on conduit à mieux relier les termes encore épars de la famille imparfaitement connue des fluorures, phosphates et fluophosphates et à rattacher, par exemple, l'amblygonite et l'herdérite au groupe de Montebras.

— Enfin l'étude de ce groupe m'a paru devoir apporter quelque lumière sur l'intervention du fluor et du phosphore, signalée depuis longtemps, dans la formation de certains gisements stannifères.

NOTE SUR LA MONTEBRASITE.

Par M. DES CLOIZEAUX,
Membre de l'Institut (*).

Le nouveau fluophosphate d'alumine, de soude et de lithine de Montebras (Creuse), dont je présente aujourd'hui à l'Académie l'analyse faite au laboratoire d'essai de l'École des mines, sous la direction de M. Moissenet, offre dans sa composition et dans quelques-uns de ses caractères physiques, certaines analogies avec l'amblygonite; mais il en diffère complétement par les proportions relatives de ses éléments constituants et par ses propriétés minéralogiques et optiques. Malheureusement il ne s'est présenté jusqu'à ce jour qu'en masses laminaires possédant deux clivages en apparence également faciles, inclinés entre eux d'environ 105 degrés et traversés, suivant deux directions rectangulaires, par de nombreuses lames hémitropes, qui, en troublant leur transparence, rendent leur étude optique assez difficile.

On reconnaît pourtant bien que, par rapport aux deux clivages de 105 degrés, le plan des axes optiques a une tout autre orientation que dans l'amblygonite, et que la dispersion *propre* de ces axes indique $\rho > \nu$, tandis que l'amblygonite offre $\rho < \nu$; mais la dispersion particulière aux cristaux à axes cristallographiques obliques, et qui paraît être ici la véritable dispersion *tournante*, ne me permet pas encore d'affirmer si le nouveau minéral doit être rap-

(*) Cette note a paru dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXXIII, n° 5 (31 juillet 1871), p. 306.

porté au système clinorhombique ou au système triclinique. J'espère être à même, d'ici à peu de temps, de communiquer à l'Académie le résultat des recherches entreprises, dès l'année dernière, pour arriver à résoudre cette question, et qui ont été interrompues par les malheureux évenements que nous venons de traverser.

Pour rappeler la provenance du nouveau fluophosphate, qui est abondamment disséminé, avec d'autres phosphates d'alumine, tels que *Wawellite* et *turquoise*, dans le gîte stannifère de Montebras, je propose de le désigner sous le nom de ***Montebrasite.***

NOTE

SUR QUELQUES MINÉRAUX QUI ACCOMPAGNENT LA SMITHSONITE DANS LES GISEMENTS DU NADOR, PROVINCE DE CONSTANTINE.

Par M. FLAJOLOT, ingénieur des mines.

Il existe à quelques kilomètres au sud du Djebel Nador, montagne située sur la rive droite de la Seybouse, à une petite distance du coude que fait ce cours d'eau près du village de Duvivier, des gisements calaminaires dont la masse est considérable, et dans lesquels le carbonate de zinc est associé à diverses substances minérales dont je vais donner la description et la composition chimique.

Les gisements dont il s'agit forment deux groupes, distants l'un de l'autre de 3 kilomètres seulement, et disposés en amas stratifiés avec les calcaires et les argiles de l'étage nummulitique. Malgré ce rapprochement et cette analogie de situation géologique, les caractères physiques du minerai zincifère diffèrent beaucoup d'un groupe à l'autre, et les matières qui sont associées au carbonate de zinc ne sont pas non plus les mêmes.

Gisement du Hammam-Nbaïl. — Le gisement que j'appelle principal, à cause de sa grande masse, forme une série d'amas dont l'alignement passe par la source thermale saline dite Hamman-Nbaïl, très-connue dans le pays. L'affleurement principal est un escarpement appelé par les Arabes Kef-el-Akhal (la roche noire), et où ils ont autrefois extrait des matières plombeuses au moyen desquelles ils fabriquaient des balles de fusil.

Ce gisement a été visité dès l'année 1845 par MM. Fournel et Dubocq, mais on ne s'en est pas sérieusement occupé depuis, parce que le plomb n'y a été rencontré qu'en petite quantité. Le zinc et l'antimoine sont passés inaperçus jusqu'au jour où j'en ai fait connaître l'existence ; aujourd'hui les gîtes du Hamman-Nbaïl sont l'objet d'une demande en concession dont l'un des concurrents est la Société des mines et fonderies de zinc de la Vieille-Montagne.

Naderite. Espèce minérale nouvelle : $Sb^2O^2Cl \cdot 2PbO$. — Les matières plombeuses que grattaient autrefois les Arabes pour en tirer des balles forment des géodes et des veines jaunes et grises dans la smithsonite dont la couleur est le brun plus ou moins foncé. J'ai été assez heureux, l'année dernière, pour rencontrer des géodes avec des cristaux très-nets et inaltérés, qui m'ont permis de reconnaître les caractères et la composition chimique de ces matières, dont l'une, que j'ai proposé d'appeler nadorite, est une espèce minérale nouvelle fort remarquable, c'est un oxychlorure d'antimoine et de plomb.

Sa densité est très-considérable, je l'ai trouvée de 7,02.

Les cristaux sont des tables rectangulaires, biselées sur leurs arêtes, qui possèdent un clivage très-net, suivant la direction où ces cristaux sont aplatis.

Leur couleur est le brun enfumé, plus ou moins foncé : ils sont translucides et leur cassure a un éclat résineux. Leur dureté approche de celle de la chaux carbonatée. Leur poussière est grise ; chauffée dans un vase ouvert, elle dégage, au rouge naissant, des fumées blanches ; mais, dans un vase couvert, on peut porter la température jusqu'au ramollissement du verre sans qu'il se dégage de vapeurs. Par l'action de la chaleur, la matière prend une couleur jaune orangé, qui devient citron très-clair après le refroidissement.

L'acide chlorhydrique, même étendu d'eau, attaque très-facilement la nadorite ; la dissolution a lieu sans lais-

ser de résidu si le volume du dissolvant est assez considérable et avec dépôt de chlorure de plomb dans le cas contraire. En ajoutant de l'eau à la dissolution, il se forme un précipité blanc d'oxychlorure d'antimoine.

En traitant la nadorite par l'acide azotique concentré, il se dégage d'abondantes vapeurs d'acide hypoazotique, il se forme de l'azotate de plomb qui se dissout, et de l'acide antimonique qui reste insoluble, mais la décomposition de la matière ne s'effectue pas complétement.

Un mélange d'acide azotique étendu d'eau et d'acide tartrique dissout lentement la matière pulvérisée sans laisser de résidu.

Voici la composition que j'ai trouvée à des cristaux parfaitement purs de nadorite :

Plomb	51,60
Antimoine	31,55
Oxygène	8,00
Chlore	8,85
	100,00

Cette composition correspond exactement à la formule élémentaire $Sb^2Pb^2O^4Cl$, que l'on peut écrire $Sb^2O^2Cl.2PbO$, en supposant l'antimoine combiné avec le chlore et la moitié de l'oxygène pour former de l'oxychlorure d'antimoine, qui serait combiné avec de l'oxyde de plomb.

Antimoniato-carbonate de plomb. — Dans les géodes où l'air et l'eau ont pu avoir accès, les cristaux que je viens de décrire se sont changés, sans perdre leur forme, en une matière jaune citron, opaque, ressemblant assez aux variétés de plomb molybdaté qui se présentent en cristaux tabulaires. Toutefois, cette forme des anciens cristaux que le nouveau composé a conservée n'est pas sa forme propre, car je l'ai trouvé, dans quelques rares échantillons, sous la forme d'aiguilles très-déliées, translucides et d'une belle couleur jaune. Mais je n'ai pu en distinguer le type cristal-

lin, ni en isoler une quantité suffisante pour en faire l'analyse.

La substance dont il s'agit a les caractères suivants :

Par la calcination, elle dégage de l'eau et de l'acide carbonique et elle devient brun foncé ; après le refroidissement, elle reste d'un beau jaune orange.

L'acide chlorhydrique ne l'attaque que difficilement à froid et, même à chaud, l'acide carbonique qu'elle contient ne se dégage que lentement. La dissolution s'effectue sans résidu dans un volume suffisant de liquide, et avec dépôt de chlorure de plomb si la liqueur n'est pas assez étendue.

L'analyse chimique d'un des échantillons les plus purs que j'aie trouvés m'a donné le résultat suivant :

Oxychlorure d'antimoine.	5,40
Oxyde de plomb.	51,60
Acide antimonique.	34,80
Acide carbonique.	4,25
Eau.	3,95
	100,00

L'oxychlorure d'antimoine dosé dans cette analyse provient d'un peu de nadorite non encore altérée, et l'on peut écrire l'analyse ainsi :

$Sb^2O^2Cl.2PbO$.	12,05
$Sb^2O^5.PbO$.	58,00
$CO^2.PbO$.	26,00
HO.	3,95
	100.00

Les quantités d'antimoniate de plomb, de carbonate de plomb et d'eau correspondent assez exactement à la formule


$$Sb^2O^5.PbO + CO^2.PbO + 2HO.$$

L'antimoniate et le carbonate de plomb sont-ils combinés ensemble ou seulement mélangés ? L'action des acides, qui

n'agissent que beaucoup plus lentement sur la matière en question que sur le carbonate de plomb pur, porterait à penser qu'il y a combinaison, cependant je n'oserai rien affirmer tant que je n'aurai pas analysé des cristaux parfaitement purs.

Carbonate de plomb. — Les géodes de nadorites contiennent aussi de petits cristaux de plomb carbonaté, parfaitement blancs. Quelquefois les écailles de nadorite sont recouvertes d'un enduit d'un blanc mat de carbonate de plomb en cristaux microscopiques (*).

Antimoniate de fer. — Outre ces matières cristallisées, la smithsonite de Hammam-Nbaïl contient en mélange une substance amorphe, ressemblant à de l'argile ocreuse, que l'on isole aisément au moyen de l'acide chlorhydrique, dans lequel elle est insoluble. Desséchée à 100°, elle a pour composition :

Acide antimonique.	63,50
Sesquioxyde de fer.	31,40
Eau.	5,10
	100,00

Cette composition correspond à la formule



$$Sb^2O^5.Fe^2O^3 + \frac{3}{2}HO.$$

C'est donc un antimoniate basique hydraté de sesquioxyde de fer. Dans une récente excursion au Nador, j'ai

(*) L'examen des échantillons envoyés par M. Flajolot à l'École des mines, montre que les cristaux de carbonate de plomb ne se manifestent guère que là où la substance jaune citron a remplacé la nadorite. Or, dans la transformation de ce minéral, le chlore paraît éliminé sous l'influence de l'acide carbonique qui vient se combiner à une portion de l'oxyde de plomb, et il est probable que le résultat final de cette transformation doit être un antimoniate de plomb hydraté $PbO.Sb^2O^5 + 2HO$ analogue aux *bleiniérites* déjà connues en Cornwall, en Sibérie et à Norhausen. A. Dx.

trouvé des boules d'un volume assez considérable d'antimoniate de fer d'une pureté presque parfaite, et inattaquable par tous les acides. Une analyse faite sur un échantillon qui n'avait subi aucune préparation préalable m'a donné :

Acide antimonique	59,30
Sesquioxyde de fer	33,40
Acide arsénique	2,50
Alumine	1,30
Oxyde de plomb	0,45
Oxyde de cuivre	trace.
Perte par calcination	3,05
	100,00

Gisement d'Aïn-Safra. — Le second groupe d'affleurements s'étend entre les sources dites Aïn-Kahla et Aïn-Safra et se prolonge à l'est de cette dernière.

Les minerais zincifères d'Aïn-Safra diffèrent notablement de ceux du Hamman, aussi bien par leur aspect que par leur composition chimique. Ils ne contiennent pas d'antimoniate de fer, ni de géodes de nadorite ; jusqu'à présent je n'y ai trouvé d'antimoine sous aucune forme. Mais ils contiennent de l'arséniate de plomb et du chlorure de plomb mélangés intimement et en proportions très-variables avec le carbonate de zinc ; on y trouve aussi un carbonate argileux multiple dont les deux bases dominantes sont le protoxyde de fer et l'oxyde de zinc ; les autres bases sont la chaux, la magnésie et l'oxyde de manganèse, et leur proportion est faible par rapport aux deux autres. Ce carbonate n'est pas mélangé avec la smitshonite, il forme des veines très-nettement séparées, et son aspect n'a rien de commun avec celui de la smithsonite.

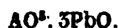
Arséniate de plomb avec chlorure de plomb. — L'arséniate de plomb se présente en quelques points de la masse calaminaire mélangé seulement de petites quantités de matières étrangères. Sa couleur est le blanc, à peine grisâtre, avec

des taches et des veines brunes, sa cassure, examinée à la loupe, paraît cristalline.

L'analyse d'un échantillon m'a donné :

Arséniate de plomb.	71,90	Acide arsénique.	18,30
		Oxyde de plomb.	53,60
Chlorure de plomb.	8,55		
Carbonate de zinc.	13,50		
— de manganèse..	1,10		
— de chaux. . . .	1,70		
— de magnésie. . .	0,70		
Oxyde de fer et quartz. . .	2,20		
	99,65		

Les quantités d'acide arsénique et d'oxyde de plomb sont entre elles comme un équivalent d'acide arsénique et trois équivalents d'oxyde de plomb; cet arséniate de plomb aura donc pour formule :


$AO^5 . 3PbO.$

Carbonate multiple argileux. — Le carbonate multiple se présente sous la forme d'une roche assez dure, d'un blanc légèrement grisâtre et de structure un peu schistoide; il a beaucoup de ressemblance avec certains calcaires.

Un échantillon d'une homogénéité parfaite m'a donné à l'analyse :

Carbonate de protoxyde de fer.	28,50
— de zinc.	43,05
— de protoxyde de manganèse. .	5,10
— de chaux.	2,05
— de magnésie.	2,10
Argile hydratée (argile, 17,00; eau, 2,20).	19,20
	100,00

L'homogénéité parfaite de ce minéral, la ténuité extrême de l'argile que l'on en sépare en le traitant par un acide, lui donnent une grande analogie avec les calcaires argileux qui produisent de la chaux hydraulique.

Ce carbonate me paraît digne de remarque au point de vue minéralogique ; par sa composition (abstraction faite de l'argile), il se rapproche tout à fait de la *kapnite* de la Vieille-Montagne, dans laquelle Monheim à trouvé :

Carbonate de zinc	55,89
— de protoxyde de fer	36,46
— de protoxyde de manganèse	3,47
— de chaux	2,27
Calamine	0,41
	98,50

Au point de vue industriel, il n'en est pas de même, il ne renferme pas assez de zinc pour être utilisé comme minerai.

Outre les composés que je viens de décrire, on trouve encore, dans les gisements de calamine d'Aïn-Safra, quelques rares cristaux de baryte sulfatée et de plomb carbonaté, qui ne présentent aucun intérêt particulier.

NOTE

SUR LA FORME CRISTALLINE DE LA NADORITE,

Par M. DES CLOIZEAUX, membre de l'Institut.

Le nouveau minéral décrit par M. Flajolot, sous le nom de *nadorite* (*), se trouve en cristaux tabulaires dont les côtés ont une longueur variant de 5 à 10 millimètres environ, et qui sont généralement implantés par un de ces côtés dans les géodes d'une smithsonite compacte, brune.

D'après les analyses publiées par MM. Pisani et Flajolot (**) et une analyse inédite qui m'a été communiquée par M. Bertrand, la nadorite peut être regardée comme une *mendipite* antimonifère; car sa formule, mise sous la forme $(Sb^2O^3PbO) + PbCl$, ne diffère de celle de la mendipite, $2PbO + PbCl$, que par un équivalent d'oxyde d'antimoine substitué à un équivalent d'oxyde de plomb.

La plupart des cristaux de nadorite se présentent en tables rectangulaires très-minces, biselées sur leurs arêtes; cependant un examen attentif montre qu'en général deux des côtés opposés du rectangle sont remplacés chacun par une facette plus ou moins large, tandis que les deux autres côtés résultent toujours de l'intersection de deux plans faisant entre eux un angle plus ou moins aigu. Ces cristaux appartiennent au système rhombique. La forme primitive à laquelle on peut les rapporter est un prisme rhomboïdal droit de 132° 51'. Il existe un clivage très-net et très-facile

(*) *Comptes rendus*, t. LXXI, p. 237, séance du 18 juillet 1870.
(**) *Comptes rendus*, t. LXXI, p. 319, séance du 1er août 1870, et p. 406, séance du 5 septembre 1870.

parallèlement au plan qui passe par la grande diagonale des bases de ce prisme, et il paraît en exister un autre plus difficile, suivant la modification $g^{3/2}$.

Les combinaisons de formes que j'ai observées jusqu'ici sont :

$$h^{8/3} a^1 a^{1/2}; \quad m h^{8/3} p a^1 a^{1/2} x; \quad m h^{8/3} h^{17} p a^2 a^1 a^{1/2} x;$$
$$m h^6 g^{3/2}; \quad h^1 g^{3/2} (*).$$

Les faces h^{17} et a^2 sont étroites : p et a^1 sont unies; m, h^6, $h^{8/3}$ et $a^{1/2}$ sont larges, mais souvent arrondies et un peu ternes; $g^{3/2}$, ordinairement striée verticalement, est quelquefois unie et éclatante; $x = (b^{1/2} b^{1/6} h^{1/2})$ se présente, entre m et $a^{1/2}$, comme une bordure allongée, non comprise dans la zone de ces deux faces; elle est généralement assez développée, mais un peu ronde. La *fig.* 6, Pl. I, donne une idée de l'aspect général des cristaux.

Le tableau suivant offre les dimensions de la forme primitive et les incidences calculées, comparées aux incidences mesurées directement.

$b : h :: 1000 : 356{,}968 \quad D = 916{,}537 \quad d = 399{,}949.$

	Calculé.		Observé.
mm en avant	$= 132°51'$	....	»
$*mm$ de côté	$= 47°9'$	....	$47°\ 9'$ net.
mh^1 adjac...	$= 156°25'30''$	....	$156°27'$ moyen.
mh^1 sur m..	$= 23°34'30''$	....	$23°15'$
$h^1 h^{8/3}$ adjac.	$= 168°47'$	....	$168°40'$
$h^1 h^{8/3}$ sur $h^{8/3}$	$= 11°13'$	....	$11°\ 0'$
$h^1 h^6$ adjac...	$= 162°41'$	....	$162°46'$ moyen.
$h^6 m$ adjac..	$= 173°44'$	....	$175°\ 0'$ environ.
$h^1 h^{17}$ adjac.	$= 158°48'$	....	$158°51'$ moyen.
$h^1 h^{17}$ sur h^{17}	$= 21°12'$	....	$21°13'$ à $20'$
$h^{8/3} h^{17}$ adjac.	$= 170°1'$	....	$170°\ 0'$
$h^{17} h^{17}$ de côté	$= 42°24'$	....	$42°15'$ moyen.
$h^1 g^{3/2}$ adjac.	$= 114°37'$	....	$114°28'$ net.

(*) La face h^1 est rare; en général elle n'existe qu'à l'état de clivage très-éclatant et très-net.

	Calculé.	Observé.
$h^1 g^{3/2}$ sur $g^{3/2}$	= 65°23'	65°27' moyen.
$mg^{3/2}$ adjac..	= 138°11'30".	138°22'
$mg^{3/2}$ sur $g^{3/2}$	= 88°57'30".	88°50'
$g^{3/2}g^{3/2}$ de côté	= 130°46'	130°28'
pa^2.	= 155°57'	156°27' moyen.
$a^2 h^1$.	= 114°3'	»
*pa^1.	= 138°15'	138°15' moyen.
$a^1 h^1$.	= 131°45'	132° 0'
$pa^{1/2}$.	= 119°15'30".	118°52' à 119°15'
$a^{1/2} h^1$.	= 150°44'30".	150°30'
$a^1 a^{1/2}$.	= 161° 0'30".	160°10' environ.
$a^{1/2} a^{1/2}$ sur p	= 58°31'	»
px.	= 108°33'	108°25' à 45'
ma^1.	= 127°37'	127°35' moyen.
$ma^{1/2}$.	= 143°6'	144° 0'
mx.	= 158°51'	158° 20' à 159°
xx de côté. .	= 45°17'30".	46°20'

$$x = (b^{1/3}\, b^{1/10}\, h^{1/2}).$$

Les hyperboles qui se manifestent dans les lames de clivage parallèles à h^1, à l'aide du microscope polarisant éclairé par la lampe monochromatique au sodium, prouvent que le plan des axes optiques coïncide avec h^1; mais les cristaux venus jusqu'à ce jour à Paris sont tous très-aplatis suivant la direction de cette face, et, lorsqu'on cherche à les travailler transversalement, ils se fendillent avec une grande facilité dans le sens du clivage facile.

Il ne m'a donc pas encore été possible d'obtenir des lames normales au plan des axes optiques, assez transparentes pour laisser voir les anneaux colorés propres à faire reconnaître le signe et la direction de la bissectrice de l'angle aigu que ces axes font entre eux. Il faut espérer que si l'exploitation du gîte calaminaire de Hamman-Nbaïl-Nador, maintenant abandonnée, est reprise quelque jour, on y découvrira de nouveaux cristaux de nadorite, qui se prêteront mieux que les premiers à une étude complète de leurs propriétés optiques.

RAPPORT

PRÉSENTÉ A LA COMMISSION CENTRALE DES MACHINES A VAPEUR (*),

Par M. CALLON, ingénieur en chef des mines.

M. le ministre des travaux publics a transmis à la commission centrale des machines à vapeur, pour avoir ses observations, une brochure qui lui a été adressée par M. le ministre des affaires étrangères.

Cette brochure est le compte rendu d'une séance tenue, le 31 mai 1870, par la Société écossaise des ingénieurs civils et des constructeurs de navires, dont le siége est à Glasgow.

On y a lu un travail de M. Marten *sur l'inspection des chaudières à vapeur* (on steam boiler inspection).

M. Marten commence par écarter toutes les causes plus ou moins mystérieuses (électricité, eau à l'état sphéroïdal, décomposition de l'eau au contact de la tôle surchauffée, etc.) auxquelles on a pu être porté à attribuer les explosions des chaudières, en voyant la grandeur de leurs effets destructeurs; causes qui, en réalité, n'ont à peu près rien à faire avec ces explosions.

Il rappelle qu'il existe dans une chaudière en pression une force accumulée, parfaitement capable, comme le montre le calcul, de tout le mal qu'on lui voit produire, si elle est mise soudainement en action.

L'auteur a recueilli personnellement des données sur

(*) Les conclusions de ce rapport ont été adoptées par la commission centrale des machines à vapeur, qui en a demandé l'insertion dans les *Annales des mines* et des *Ponts et chaussées*.

plus de 1.500 explosions, dans lesquelles il y a 5.000 morts et 4.000 blessés. Elles ont porté sur des chaudières de toute forme et des meilleurs constructeurs. La cause générale, essentielle, de ces explosions a été le mauvais état dans lequel se trouvait le générateur au moment de l'accident.

Cet accident ne serait pas arrivé si le propriétaire de la chaudière avait pu connaître dans quel état elle se trouvait.

La question est donc celle-ci :

Comment un propriétaire peut-il être renseigné à ce sujet?

A cette question, il n'y a pas deux réponses.

Il ne peut l'être que par une inspection périodique.

Tel est le résumé du travail de M. Marten.

Il entre ensuite, sur la manière de faire cette inspection, dans quelques détails.

Dans sa pensée, l'épreuve à la presse hydraulique fait nécessairement partie de l'inspection, mais elle ne suffit pas à elle seule. Il faut y joindre un examen détaillé de la chaudière même, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, sondant au marteau toutes les feuilles de tôle une à une, ainsi que les armatures intérieures, vérifiant s'il ne s'est pas produit des corrosions *en dedans* à la hauteur de la ligne d'eau, *au dehors* par la fuite de quelque rivet, si des pièces ne sont pas fatiguées par les changements alternatifs de forme dus aux variations de pression et de température, etc., etc.

La faculté de l'inspection doit être essentiellement prise en considération dans le choix d'un système de générateur et dans la construction de son fourneau, et, à ce point de vue, les chaudières cylindriques simples lui semblent offrir un sérieux avantage.

Enfin l'inspection doit être faite, non par un préposé du propriétaire, mais par un inspecteur indépendant ayant la pratique de ce genre de travail.

Quant à savoir si cette inspection doit être imposée par la loi, ou laissée facultative, suivant ce qui a été fait dans le Lancashire par la *Midland Boiler Inspection and*

assurance Company, l'auteur se prononce en faveur de la seconde solution, qui lui paraît le système le plus pratique et le plus efficace dans l'état présent de l'opinion publique.

Cette communication de M. Marten a donné lieu dans la séance à quelques observations de détail sans intérêt. Il n'y a pas eu de vote émis, et les conclusions de M. Marten ont conservé leur caractère purement individuel.

Ces conclusions se résument définitivement en ceci :

Que le meilleur système pour prévenir, autant que possible, les accidents auxquels donne lieu l'emploi des chaudières à vapeur est celui des comtés du centre de l'Angleterre, consistant en une association volontaire entre les industriels qui se cotisent pour rémunérer des inspecteurs spéciaux chargés de visiter périodiquement leurs appareils et de dresser des procès-verbaux détaillés de leurs visites indiquant les défectuosités constatées et les mesures à prendre pour y remédier.

On sait que ce système, qui a produit en Angleterre d'excellents résultats, a été aussi introduit avec succès à Mulhouse, sous les auspices de la société industrielle de cette ville. Il y fonctionne parallèlement avec la surveillance administrative ordinaire.

L'inspection de Mulhouse a pour mission non-seulement de vérifier l'état matériel des chaudières des établissements affiliés, mais encore de faire des expériences comparatives sur les divers systèmes de grilles, sur la valeur relative des charbons employées dans le pays, etc., etc.

Je propose à la Commission centrale appelée à faire connaître les observations que lui suggère le travail qui lui est communiqué, d'émettre l'avis que des associations comme celles dont il vient d'être parlé peuvent rendre de très-bons services et que leur établissement dans les centres industriels dont l'importance le comporte, doit être vu avec faveur et encouragé.

13 juillet 1871.

DE LA MÉTALLURGIE DE L'ARGENT AU MEXIQUE.

Par M. P. LAUR, ingénieur des mines.

INTRODUCTION.

DU GISEMENT DES MINERAIS DE L'ARGENT AU MEXIQUE.

Le Mexique produit, aujourd'hui, 90 millions de francs, environ, d'argent par année ; cette somme, que donnent les statistiques officielles, et qui est loin de comprendre la totalité de la production, est retirée presque toute entière de cinq grands districts de mines *Pachuca*, *Guanajuato*, *Zacatecas*, *Fresnillo*, *Catorce*, où l'exploitation dure depuis près de trois siècles, et qui tous présentent encore des régions étendues qui ont été à peine explorées (Pl. V, *fig.* 1).

La description précise de formations argentifères si puissantes serait du plus grand intérêt ; malheureusement elle me semble impossible à entreprendre, car la topographie extérieure du pays est encore à faire. et je dois dire que dans tout le Mexique je n'ai pas trouvé une seule mine qui eût un plan de ses travaux actuels. ou une trace écrite, quelconque, de ses travaux anciens. Cependant, la visite d'un grand nombre d'exploitations m'a conduit sur les conditions principales du gisement de l'argent, à quelques conclusions qui me semblent suffisamment fondées, et que je crois utile de résumer avant d'entrer dans le détail du traitement métallurgique des minerais, but principal de ce travail.

Relations des filons d'argent avec les roches avoisinantes. — Les filons d'argent de la région centrale du Mexique (*)

(*) Tout ce qui suit se rapporte aux districts argentifères des États de Mexico, Guanajuato, Zacatecas, San-Luis, les seuls que j'ai pu visiter avec quelque facilité.

sont compris dans des terrains sédimentaires, et en relation constante, d'un côté avec des diorites, et de l'autre avec des trachytes.

A *Pachuca* et *Real-del-Monte*, la nature sédimentaire de la roche encaissant les filons n'est pas immédiatement manifeste dans leur voisinage ; la roche se présente alors comme un porphyre à structure cristalline très-prononcée, affectant des divisions prismatiques ; elle a été souvent désignée, comme roche éruptive, sous le nom de porphyre métallifère, mais il suffit de s'éloigner vers le sud-est de Pachuca, pour voir cette structure cristalline s'effacer peu à peu et la roche passer d'une manière continue à des assises d'argilophyre, à des bancs de pétrosilex, et bientôt à des couches de schistes assez nettement stratifiées pour qu'on puisse en relever la direction N. 35° O., inclinaison S. 25° O.

La diorite se montre à Pachuca, soit dans le ravin qui, de la mine du *Rosario*, monte vers *Real*, soit dans celui qui va vers *Santa Rosa*, et *Pueblo de Zeresa*. La roche est de couleur verte très-foncée, et très-tenace ; son feldspath est triclinic, son amphibole est l'hornblende, et très-abondante ; elle contient du fer oxydulé et est magnétique ; dans les fissures qui la traversent, on trouve de la chaux carbonatée et de l'épidote ; elle ne contient pas de quartz ; elle ne forme pas de massifs extérieurs à la roche qui précède, mais elle la traverse sous forme de dykes sans orientation régulière apparente. Quelques-uns de ces dykes, dans les ravins de *Santa-Rosa*, contiennent des veinules de quartz, évidemment contemporaines. Ce quartz est chargé de pyrites ; essayé par voie sèche il donne de l'argent.

Les trachytes ont traversé les terrains qui précèdent, et couronnent toutes les hauteurs du soulèvement, *Cerro de las Ventanas*, *Peñasco de las Monjas*, etc., etc. La roche est granitoïde et contient beaucoup d'hornblende ; le feldspath est l'orthose vitreux ; elle n'a pas de pyroxène, mais vers le sud-est, dans la direction qui mène à la montagne

d'obsidienne, si connue au Mexique, *el Cerro de las Navajas*, elle prend du mica noir bronzé et du quartz opalescent (*).

Des faits analogues s'observent à Guanajuato; on y trouve encore: 1° un terrain sédimentaire métamorphique encaissant les filons d'argent; 2° des dykes de diorites ayant injecté ce terrain sans se répandre en masses extérieures; 3° des trachytes qui ont traversé les roches précédentes, et dont les masses abruptes terminent aujourd'hui la plupart des montagnes.

La roche encaissante du grand filon de la *Veta-Madre* est formée, près de la surface, d'une roche détritique à très-gros éléments, ayant pour la plupart conservé leurs arêtes vives, réunis par un ciment argileux rougeâtre, et où, entre autres débris, on doit noter la présence de fragments roulés de syénite et l'absence des débris de trachytes. Ce conglomérat rouge forme un dépôt superficiel de 20 mètres de puissance environ; en dessous, les filons sont compris dans un schiste talqueux à reflets serpentineux très-prononcés, lequel, vers les 400 mètres, est suivi d'un schiste alumineux noir et très-pyriteux, avec rognons de quartz laiteux, devant lequel les travaux se sont en général arrêtés, car les filons y deviennent à peu près stériles.

La diorite est, comme à Pachuca, en dykes injectés dans les schistes qui précèdent; son amphibole est plus magnésienne qu'à Pachuca, et sa texture plus granulaire; elle prend aussi de l'orthose qui n'est pas à Pachuca: on la trouve fort répandue dans la vallée de *Rayas*, dans le ravin de *San-Miguel*, dans celui de *Syrena*, etc., etc. Le mineur de Guanajuato considère le voisinage de ces dykes de dio-

(*) Ces trachytes des régions métallifères se distinguent de ceux qui forment le noyau volcanique central du Mexique, par ces caractères : que les premiers ont pour base l'orthose vitreux et qu'ils fondent en émail blanc, et que les seconds sont à base d'oligoclase vitreux et qu'ils fondent en émail noir.

rites (*Rocaverde*) comme d'un bon signe pour la richesse des filons.

Les trachytes sont aussi très-abondants à Guanajuato; les carrières qui fournissent les dalles employées dans les constructions sont ouvertes dans cette roche; on les trouve aux cols de *Villalpando*, au *Cerro de la Cantera;* ils constituent enfin la masse entière du *Cerro del Gigante*, qui s'élève au centre du district, et dont la cime est le point culminant de cette région. Ces trachytes de Guanajuato se réduisent à une masse grenue d'orthose vitreux, sans hornblende; ils sont accompagnés de conglomérats et d'amygdaloïdes qu'on ne trouve pas à Pachuca.

Zacatecas et *Fresnillo*, distants de 15 lieues environ, et situés ensemble sur le prolongement N.-O de la ligne qui joindrait Pachuca et Guanajuato, présentent encore la même association de roches.

On peut prendre une idée de leur constitution géologique par deux coupes faites, l'une au Fresnillo, depuis les montagnes de *Valdecañas* jusqu'à celles de *Plateros* sur la direction N., N.-E. environ, l'autre, à Zacatecas, de *la Bufa* au *Cerro del Angel*, suivant à peu près la même direction (Pl. I, *fig.* 7 et 9).

Les roches qui, dans ces districts, comprennent les filons sont, à partir de la surface, et suivant leur ordre de superposition :

1° Un conglomérat rouge C à ciment argileux, contenant, comme celui de Guanajuato, des fragments roulés de syénites, sans débris de trachytes. Ce conglomérat n'existe pas au Fresnillo; on ne le trouve même à Zacatecas que dans une petite anse du terrain métallifère enclavée dans les trachytes au sud de la ville.

2° Une roche feldspathique G avec cristaux isolés de feldspath assez variable d'aspect; toujours verdâtre en profondeur, fortement imprégnée de pyrites, avec quelques lamelles d'amphiboles, très-dure et très-tenace, elle devient

ocreuse, grise ou rougeâtre près des affleurements, terreuse et se divisant en menus fragments prismatiques. Des nodules feldspathiques s'observent toujours dans sa masse, et, dans quelques mines, leur abondance donne à la roche une allure cristalline prononcée ; aussi ce terrain a été considéré, au Mexique, comme un porphyre éruptif; il dénote cependant son origine premièrement sédimentaire par la dissemblance des assises grossières qui le composent le long des escarpements, et par ce fait qu'à la cassure il montre fréquemment des débris roulés de diverses roches, ou des grains de quartz, incomplétement soudés ou fondus dans la pâte feldspathique qui le constitue presque entièrement. On pourrait donner à toute cette formation le nom de grauwacke, en limitant cette désignation aux caractères qui précèdent.

3° En-dessous, on trouve un schiste noir S argileux avec rognons de quartz laiteux.

4° Viennent ensuite des couches d'un calcaire C' de couleurs foncées, quelquefois fétides, très-puissantes, alternant avec des grès devenus des quartzites et des schistes transformés en pétrosilex.

Ces diverses couches n'ont pas encore montré de fossiles.

Les filons d'argent coupent toutes les assises qui précèdent; ils perdent leur épaisseur dans la roche peu consistante du conglomérat supérieur; ils sont, au contraire, très-puissants, arrivant quelquefois à 30 mètres d'épaisseur, et bien réglés, dans la grauwacke inférieure. C'est là que se sont développées toutes les mines, et qu'on a trouvé les plus grandes masses de minerais d'argent. A Zacatecas, les travaux n'ont pas dépassé ce terrain, mais au Fresnillo les puits profonds de *Beleña* et de *San Francisco* ont atteint les schistes noirs alumineux; ici comme à Guanajuato, les filons y ont été trouvés stériles.

Les diorites D se montrent au Fresnillo et à Zacatecas, dans la direction du nord-est, vers laquelle les couches se relè-

vent. La roche se présente avec des caractères identiques à ceux de Pachuca, mais elle est, ici, en plus grandes masses et a exercé sur le terrain qu'elle a soulevé des réactions plus profondes. A son contact, la grauwacke passe à un véritable porphyre; elle s'imprègne de pyrites et d'amphibole, qui donnent à la roche une dureté et une ténacité extrêmes. — De même qu'à Pachuca, les dykes de diorites contiennent des veines quartzeuses qu'il faut considérer comme contemporaines de la cristallisation de la roche éruptive, car elles s'y fondent d'une manière absolument insensible. Ces veines sont argentifères; quelques-unes ont même donné lieu à quelques travaux d'exploitation dans le quartier de *Plateros*, près Fresnillo; mais la roche s'est montrée tellement dure et tenace qu'il a fallu abandonner les mines commencées.

Les relations des trachytes et des filons se montrent plus nettes à Zacatecas qu'au Fresnillo.

Le trachyte forme au sud de Zacatecas un plateau élevé, la *Mesa*, qui, de ce côté, limite la grauwacke; il a de plus percé ce terrain et poussé un dyke puissant, allongé de l'est à l'ouest, qui forme les masses abruptes de la *Bufa* qui dominent la ville. La roche de la *Bufa* est une masse grenue d'orthose vitreux, sans amphibole, passant à la domite; la roche de la *Mesa*, ou plateau du sud, est formée d'une pâte rougeâtre, pétrosiliceuse, presque compacte, avec grains de quartz et noyaux d'orthose vitreux; ces deux roches ont une apparence très-différente, et on les a toujours considérées comme distinctes au Mexique; elles doivent cependant être réunies et rapportées à la même éruption, car les grandes carrières ouvertes dans le trachyte, près de *San-Luis-Potosi*, montrent nettement, que cette roche très-poreuse et très-fendillée au centre de sa masse, où elle contient souvent du mica, prend une texture compacte vers sa surface extérieure, perd le mica, se charge de quartz et pourrait souvent se rapporter à un porphyre, sans les noyaux de sani-

dine qui y persistent toujours. Je considère donc le trachyte quartzifère de la *Mesa* et la domite de la *Bufa* comme étant de même âge.

En soulevant la grauwacke inférieure, et la perçant à jour par un pointement isolé, le trachyte a dû forcer le terrain à se mouler tout autour de la masse éruptive; or on observe en ce point un filon d'argent très-puissant, celui de la *Cantera*, qui, en s'approchant du pointement trachytique, se refoule vers le nord, change de direction, et se contourne avec le reste du terrain pour s'appliquer, avec lui, contre le trachyte (Pl. I, *fig.* 7 et 8). Cette marche du filon de la *Cantera* est des plus faciles à suivre; car sa crête, puissante de 12 à 15 mètres se surélève constamment et souvent de plus de 30 mètres au-dessus d'un sol entièrement découvert; le filon part de l'extrémité S.-E. du soulèvement, il traverse les *Cerros de los Chilitos* et de la *Cantera* où il fut extrêmement riche, sur la direction N. 62° O.; il atteint, en suivant à peu près la même direction, le sommet de la *Bufa*, et arrive presque au contact du trachyte; sa direction s'infléchit alors suivant les contours du dyke éruptif, passe à N. 90° O., puis, après que l'extrémité E. du dyke a été dépassée, devient O. 50° S., pour se redresser rapidement et revenir N. 60° et N. 55° O., directions que l'on peut relever sur le *Cerro Encinillo*, *Cerro del Bate*, *Zopilote*, etc. De ce refoulement du filon de la Cantera, du côté du nord, en dehors de son prolongement normal, et de son inflexion continue tout autour de la masse éruptive du trachyte, on doit conclure que les filons étaient formés et remplis, lorsque les trachytes sont arrivés au jour.

Cette conclusion se confirme par d'autres faits qui s'observent encore à Zacatecas.

Au S.-E. de la ville, près de l'usine de *Cinco-Señores*, des filons puissants, ceux *del Orito* et ceux du *Cacalote* viennent buter contre le trachyte de la *Mesa* du sud et y sont nettement arrêtés.

Sur la rive droite du torrent qui va de *Zacatecas* à *Guadelupe*, une galerie, aujourd'hui abandonnée, a suivi un filon de quartz avec argent sur 150 mètres environ, en direction, puis a trouvé le trachyte contre lequel la veine s'est aussi arrêtée.

Je tirerai des faits qui précèdent la conclusion que les filons d'argent, sont, au Mexique, antérieurs aux trachytes, et que l'on peut considérer la venue argentifère comme liée à l'émission des diorites.

Age des filons d'argent. — La formation des filons d'argent du Mexique, est postérieure au dépôt du terrain jurassique supérieur.

J'ai indiqué qu'il n'avait pas encore été trouvé de fossiles à Pachuca, Guanajuato, Zacatecas et Fresnillo; j'ai pu en recueillir de déterminables à *Catorce*.

Les mines de *Catorce* sont comprises dans un soulèvement isolé au milieu des plaines de San-Luis, formant un îlot montagneux, long de 10 lieues, large de 2, et se surélevant de 1.200 à 1.500 mètres au-dessus du niveau des plaines environnantes.

Ce soulèvement est formé de schistes, de grès et de calcaires.

Les schistes sont à la base du soulèvement, ils sont verdâtres, talqueux, paraissent sans fossiles, et sont indépendants par leur stratification des dépôts sédimentaires supérieurs.

L'étage des grès commence par un puissant dépôt détritique rougeâtre, formé en bas par une brèche à gros fragments, à arêtes vives, principalement quartzeux, et suivi d'argiles et de grès rouges. La stratification de cet étage est assez confuse, il ne contient pas de fossiles.

L'étage des calcaires peut se diviser en deux groupes. Le groupe inférieur est formé à sa base de marnes noires et feuilletées, pyriteuses et contenant des fossiles indéterminables; il se termine par des calcaires en couches nom-

breuses et peu puissantes, veinées de silice et de chaux carbonatée cristalline, de couleurs sombres, quelquefois noires, toujours très-solides et à cassure largement conchoïde; ces couches ne donnent pas de fossiles.

Le groupe supérieur commence, à sa base, par des marnes blanches, des grès fins friables rouges ou violacés, supportant des calcaires et des marnes blondes feuilletées, ne présentant pas les couleurs sombres et la ténacité des calcaires inférieurs. C'est dans ces couches, sur le versant S.-E. de la montagne *Bariga de Plata*, que j'ai recueilli des fossiles dont quelques espèces ont pu être déterminées; ce sont (*) : *Aptychus latus*, *Ammonites transitorius*, *Ammonites privasensis*, *Ammonites plicatilis*, appartenant au terrain jurassique supérieur.

Ces couches jurassiques de Catorce sont traversées par un très-grand nombre de filons (Pl. I, *fig.* 10).

Ces filons sont de deux natures; les uns ont été formés par du porphyre, les autres ont été remplis par du minerai d'argent.

Les filons de porphyre, que les mineurs du pays désignent par le nom de *Tosca* (filon de roche), ont une très-grande puissance, de 10 à 40 mètres, ils se prolongent aussi sur de grandes longueurs, de 3 à 4.000 mètres, ils coupent nettement toutes les couches calcaires, n'émettent pas de ramifications latérales, et n'ont produit sur le terrain encaissant aucune modification sensible. La roche de ces filons est fortement altérée, réduite en certains points à l'état de kaolin, par suite indéterminable; on y trouve cependant, presque toujours, des restes d'amphibole qui permettent de rattacher ces filons rocheux de Catorce aux dykes éruptifs magnésiens que nous avons signalés dans tous les autres districts.

(*) M. Bayle, professeur de paléontologie à l'École des mines, a bien voulu faire cette détermination.

Les filons d'argent sont moins puissants, mais tout aussi prolongés que les filons de porphyre ; la grande veine de *San Agustin* a souvent plus de 12 mètres de puissance, et sa crête peut se suivre sur plus de 3 kilomètres. Ces filons de Catorce se distinguent entre tous ceux du Mexique, par l'état poreux et cristallin de leurs minerais, et par la très-grande variété des espèces minérales qu'ils produisent ; le filon *San Agustin*, par exemple, contient la série complète de la famille de l'argent.

Les filons de porphyre et les filons d'argent se rencontrent en un très-grand nombre de points. L'intersection a généralement lieu sous un angle voisin de l'angle droit (*) et sans qu'il y ait rejet de l'une ou de l'autre des lignes de fracture.

Dans ces rencontres, le porphyre ne pénètre jamais dans les filons d'argent ; au contraire, le minerai d'argent a été trouvé, en plusieurs mines, traversant les filons de porphyre ; ces derniers ont donc été formés avant les autres.

Ces rencontres si multiples de deux systèmes de filons

(*) Je dois ici citer quelques exemples :

Le dyke *San Agustin* coupe le filon de même nom, à l'est de la mine, et l'angle d'intersection est la différence d'orientation qui est N. 53° O. pour le filon, et N. 32° E. pour le dyke, soit 85 degrés.

Le dyke est et le dyke ouest, entre lesquels est ouverte la mine *Purissima*, coupent le filon du *Refugio*, tout près de cette mine. Le filon du Refugio est orienté N. 82° E. Les deux dykes, absolument parallèles, courent N.-S. La veine métallique va de l'un à l'autre sous un angle de 82 degrés.

Le filon de la *Veta Madre*, orienté N. 54° O., est coupé, près de la mine de *Compromiso*, par un filon de *Tosca*, venant par N. 35° E. L'angle d'incidence est de 89 degrés.

Le filon *San Ramon*, N. 42° O., coupe à la mine du *Boquiero* un dyke très-étendu qui vient de *la Bariga de Plata*, orienté N. 52° E. L'angle est ici de 94 degrés.

Enfin, la mine du *Padre Flores* a son filon N. 45° O. qui recoupe le dyke puissant qui traverse la ville de Catorce sous la direction N. 54° E. La rencontre a lieu sous un angle de 99 degrés.

Ces orientations sont rapportées au méridien vrai. Les filons d'argent principaux sont ceux de *Veta Madre* et *San Agustin*.

d'âge différent, sans qu'il y ait eu rejet ou déviation, excluent l'idée de soulèvements et de dislocations violentes successives; on les explique, au contraire, facilement par un mouvement de retrait de la roche encaissante. La conséquence la plus facile d'un tel mouvement devait être la formation de lignes de fractures, normales aux filons préexistants, et la réouverture de ces mêmes filons, lignes de moindre résistance Ces faits de réouverture s'observent en effet dans de nombreuses mines. La mine du *Refugio*, sur une partie de son étendue, a pour toit le calcaire et pour mur le porphyre. Dans la mine de *Dolores*, on voit un filon, le filon *Trompeta*, presque vertical, qui est compris d'un côté par les calcaires, et de l'autre par un filon de porphyre; la face de phorphyre que les travaux mettent à découvert est inégale, sans traces de frottement, incrustée de pyrites et de minerais, elle montre, en certains points, des fragments anguleux des calcaires voisins qui lui sont restés encore adhérents.

De tous ces faits, il faut conclure que le terrain de Catorce a été d'abord soulevé et fracturé, et que dans les fentes produites, il s'est injecté d'abord un porphyre amphibolique; qu'après la formation de ces grandes veines rocheuses (*Toscas*), le terrain s'est encore crevassé, probablement par un mouvement de contraction sur lui-même dû à son refroidissement; que par suite de ce mouvement, les anciennes fractures se sont réouvertes, et qu'en même temps il s'en est produit de nouvelles, normales aux premières, et qu'enfin, dans les fentes ainsi ouvertes, les minerais d'argent sont venus se déposer. La formation argentifère de Catorce est ainsi postérieure à l'émission des porphyres amphiboliques et postérieure aussi au Jura supérieur.

La même conclusion pourrait s'établir pour les mines de *San-Luis-Potosi* et pour celles de *Sombrerete*.

De la richesse des filons d'argent.. — Il est impossible

d'évaluer, même approximativement, la richesse absolue des filons du Mexique, car les exploitations ne tiennent aucun compte, ni de l'abatage, ni de l'extraction, et ne commencent la comptabilité des minerais qu'à leur entrée dans les usines. On ne peut donc se faire une idée de la richesse des gisements que par le résultat du traitement métallurgique, en comparant le poids de l'argent produit au poids du minerai traité, sans tenir compte des pertes au traitement, pertes cependant fort grandes et très-variables d'un district à un autre.

Il est certain que quelques filons du Mexique ont produit des quantités importantes de minerais fort riches. Ainsi, le filon de la *Cocinera*, à *Ramos*, livrait, au commencement de ce siècle, une dizaine de millions de francs par année, avec des minerais d'argent sulfuré simple et d'argent antimonié sulfuré noir, qui, sans aucun triage, rendaient, au sortir de la mine, de 10 à 25 p. 100 de leur poids en argent. Cependant, de telles richesses sont très-rares, et les mines du Mexique sont remarquables, moins par des teneurs aussi élevées que par l'abondance réellement très-grande et la composition simple de leurs minerais.

Laissant donc de côté ces résultats exceptionnels, sur lesquels les exploitants ne devraient jamais compter, j'indiquerai les rendements obtenus sur les exploitations ordinaires du pays.

Depuis l'année 1828 jusqu'à celle de 1848, période pendant laquelle les mines de *Real del Monte* et de *Pachuca* furent exploitées par une compagnie anglaise, et depuis cette année de 1848 jusqu'à celle de 1858, durant lesquelles l'exploitation a été faite par une association de capitalistes mexicains, les usines de ces deux districts ont produit 1.219.633 kilogrammes d'argent, qui ont été retirés de 507.912 tonnes de minerai. Ces nombres assignent à ces mines de *Real* et de *Pachuca*, un rendement moyen de

240^{g},13 d'argent pour 100 kilogrammes. Dans la production précédente, la mine du *Rosario*, la plus riche du district, et probablement aussi la plus productive actuellement au Mexique, figure pour une extraction de 178.590 tonnes (de 1851 à 1862), qui ont produit 485.503 kilogrammes d'argent aurifère, d'où une teneur de 271^{g},8 d'argent pour 100 kilogrammes. Les bénéfices réalisés pendant cette même période et par cette seule mine ont dépassé 60 millions de francs.

A *Guanajuato*, en 1839 et 1840, dernières années pendant lesquelles l'exploitation s'est poursuivie en massifs dans le filon de la *Veta-Madre*, la mine de *Rayas* a produit 9.853 tonnes de minerai, d'où ont été retirés 22.572 kilogrammes d'argent, ce qui assigne, pour cette époque, à ce grand filon de Guanajuato une richesse de 225^{g},72 pour 100 kilogrammes (*).

A *Zacatecas*, le relevé que j'ai pu faire à l'usine de la *Sauceda* et de *Bernardez*, de l'extraction du filon principal du district *Veta-Grande*, pendant diverses périodes, a donné une extraction de 330.370 tonnes et une production d'argent de 680.505 kilogrammes, ce qui conduit à une teneur de rendement de 205^{g},98 pour 100 kilogrammes. La mine la plus importante de ce district de *Zacatecas* est aujourd'hui celle de *Quebradrillas*. De 1854 à 1863, cette exploitation a produit 54.651 tonnes de minerai, d'où l'on a extrait 81.045 kilogrammes d'argent, ce qui donne un rendement moyen de 148^{g},29 pour 100 kilogrammes. Pendant cette même période, la mine a remboursé le capital primitif, 1.600.000 francs, qui avait été nécessaire pour l'épuisement des anciens travaux elle; a de plus laissé un bénéfice net de 2.000.000 de francs environ.

(*) Aujourd'hui les exploitations de Guanajuato en sont réduites à fouiller dans les anciens travaux; les travaux de recherche ou de préparation ayant été pendant longtemps suspendus. D'après les

Au *Fresnillo*, les comptes, très-exacts, de l'usine font voir que depuis 1833 jusqu'à 1863 (sauf une lacune de quatre années) il est entré dans l'usine 910.905 tonnes de minerai qui ont produit 902.258 kilogrammes d'argent, d'où une teneur moyenne de 99^g,07 pour 100 kilogrammes.

Ces résultats, que je crois inutile de multiplier, montrent que les minerais exploités au Mexique y rendent, sans s'arrêter à quelques gîtes exceptionnellement riches, de 100 à 270 grammes d'argent pour 100 kilogrammes de minerais. Ces teneurs correspondent aux minerais soumis, après l'extraction, à un simple cassage et triage à la main jusqu'à la dimension de 2 ou 3 centimètres de côté.

La première teneur de 100 grammes suffit largement, dans les conditions ordinaires du pays, pour couvrir tous les frais des mines et des usines, même en présence d'eaux intérieures abondantes, pouvu qu'il s'agisse de minerais réductibles sur le patio et de filons puissants ; la teneur de 270 grammes correspond déjà, s'il s'agit encore des mêmes minerais. aux exploitations les plus brillantes du pays.

Des variations de la richesse suivant la profondeur.—Les filons du Mexique, lorsqu'ils ne contiennent que des minerais d'argent purs, sans minerais de plomb ou de cuivre, sont loin de présenter une richesse uniforme de la surface vers la profondeur; les exploitations, à mesure qu'elles y pénètrent, y trouvent des périodes d'appauvrissement suivies de périodes de richesse. Ces variations ont été depuis longtemps saisies par les mineurs, qui désignent par le mot de *Bonanza* ces périodes d'exploitations fructueuses succédant à des temps difficiles. Pour le mineur du Mexique, un filon a toujours une *Bonanza*, c'est-à-dire une accumulation de richesse à une profondeur variable suivant les districts.

Un fait qui est d'abord bien constant, c'est la succession

---

comptes de l'usine San Juan, la teneur des minerais ainsi produits est de 107 d'argent pour 100 kilogrammes de mineral.

régulière que présentent, dans tous les gisements, les diverses espèces minérales de l'argent. Près de la surface, les travaux commencent d'ordinaire par trouver de l'argent natif, dans des oxydes de fer ou de manganèse, au milieu d'une gangue quartzeuse cariée; en dessous, on trouve du bromure, du chlorure d'argent, avec du métal natif, accompagnés des mêmes oxydes de fer et de manganèse; en descendant encore, les bromures ou chlorures disparaissent, et l'argent sulfuré, qui le plus souvent avait déjà apparu, prédomine, forme la zone de plus grande richesse, pour devenir plus rare à une profondeur plus grande et faire place à l'argent antimonié sulfuré noir, ensuite aux argents rouges, qui peu à peu se mêlent à des espèces cuivreuses, à de la blende, laquelle, à des profondeurs très-grandes, 450 et 500 mètres, finit par former, avec la pyrite de fer et le quartz, le remplissage exclusif de tous les filons du Mexique. Cette série des espèces minérales de l'argent est quelquefois complète, dans le filon de *San-Agustin* à *Catorce*, par exemple; le plus souvent elle est incomplète, mais l'ordre des divers termes qui la composent n'est jamais interverti; de sorte que lorsqu'une exploitation a débuté par l'un quelconque de ces termes, elle peut espérer de trouver en profondeur ceux qui viennent après lui, mais jamais ceux qui le précèdent.

Ce classement des espèces argentifères peut s'expliquer en faisant intervenir les actions oxydantes extérieures, des venues successives d'émanations minérales d'espèces différentes et des remaniements de dépôts premièrement formés. Cependant, ces explications ne sont pas toujours applicables. En effet, la zone des oxydes contient toujours des éléments qui lui sont propres, le manganèse, le chlore, le brome, l'iode, que l'on ne trouve jamais en profondeur, tandis que dans les régions profondes se rencontrent toujours, à l'état de sulfosels, l'arsenic et l'antimoine, qui ne se montrent jamais à l'état d'oxydes dans les parties acces-

sibles aux agents extérieurs. D'un autre côté, un très-grand nombre de filons, se présentent sans aucun fait de brisure et de remaniements des dépôts métalliques, sans veines transversales hétérogènes, mais bien avec des caractères manifestes de dépôts par concrétions homogènes et continues; de sorte que l'on pourrait peut-être mieux expliquer les faits en considérant cette espèce de départ éprouvé par les espèces argentifères dans l'intérieur des gîtes, comme contemporain de la formation des filons et comme la conséquence des variations d'affinités, suivant la pression et la température.

Quoi qu'il en soit des causes premières de ce triage des minerais de l'argent dans l'intérieur des gîtes, on doit lui rattacher les variations de richesse que ces gîtes présentent dans le sens de la profondeur, variations qu'on peut résumer par les faits généraux suivants, savoir :

1° la prédominance vers la surface de l'argent natif avec une richesse médiocre;

2° la concentration en dessous, mais à une profondeur variable, suivant les lieux, du sulfure simple ou du sulfure antimonié noir, qui est la zone de la plus grande richesse, la période de *Bonanza*;

3° enfin, l'appauvrissement graduel des gîtes suivant la profondeur.

Ce dernier fait, le plus important, est le seul sur lequel je veuille insister ici.

Lorsque, après la guerre de l'Indépendance, le Mexique appela les capitaux étrangers à l'exploitation de ses mines, les compagnies qui se formèrent acceptèrent comme vraies les raisons qu'on donnait de l'abandon où se trouvaient alors les exploitations, savoir les ruines causées par les guerres de l'Indépendance, et les frais énormes ou même l'impossibilité de l'épuisement pour des exploitations aussi vastes et aussi profondes, au moyen des manéges à mules, seules machines usitées dans le pays.

Ces difficultés semblèrent pouvoir être vaincues par l'apport de capitaux suffisants et par l'application de moteurs à vapeur à de puissantes pompes d'épuisement; elles le furent en effet; mais lorsque les excavations eurent été vidées et les travaux des anciens poussés en profondeur, force fut de reconnaître que les minerais riches exploités autrefois et qu'on pouvait retrouver encore dans les étages supérieurs, ne se rencontraient plus à des profondeurs plus grandes, que les filons avaient perdu leur argent et souvent même changé de nature. Les dépenses faites avaient été grandes, la plupart des entreprises y succombèrent. Tel fut le sort de la compagnie de *Real del Monte*, qui, après avoir épuisé toutes les anciennes mines de ce district et poussé ses avancements à plus de 125 mètres au-dessous des travaux anciens les plus profonds, dût abandonner son entreprise après une perte de plus de 25 millions de francs; tel encore celui de la Compagnie-Unie de *Guanajuato*, qui, après avoir vidé les excavations de *Veta-Madre*, ne trouva plus que des minerais incapables de payer les frais de l'exploitation courante, et dût tout perdre et tout abandonner, et encore celui de la mine de *Bolaños*, qu'il fallut aussi abandonner après 9 millions de dépenses faites pour son épuisement. Dans tous ces districts, la zone de concentration de l'argent avait été entièrement exploitée par les anciens.

Cette disparition de l'argent dans les parties inférieures des gisements, que montre bien suffisamment la visite des régions profondes des filons, se manifeste, dès que l'on peut comparer les résultats de l'exploitation d'un même filon, pour des périodes de temps un peu étendues.

Dans son ouvrage sur le Mexique, M. Saint-Clair-Duport dit que le rendement moyen des minerais de *Veta-Grande* de *Zacatecas* a été :

De 0,0025	pour la période	de	1804 à 1808
De 0,0021	—		1820 à 1824
De 0,0019	—		1825 à 1832.
De 0,0017	—		1839
Je l'ai trouvée de 0,0012 (*)	—		1859 à 1863.

Les exploitations du *Fresnillo* ont été commencées en 1824, et poussées, depuis, jusqu'à la profondeur de 405 mètres (puits *San Francisco*), dans un ensemble de veines nombreuses comprises dans un même champ d'exploitation au *Cerro de Proaño*. J'ai relevé à l'usine les résultats de l'exploitation, depuis 1835 jusqu'à 1863 ; ils montrent bien nettement l'appauvrissement progressif des minerais à mesure que les travaux ont gagné en profondeur. Les teneurs obtenues de cinq années en cinq années, à partir de la première année de l'observation, ont été comme suit :

Années.	Teneur de rendement au Fresnillo. Grammes d'argent pour 100 kilogrammes de minerai.
1835.	223
1839.	146
1844.	115
1849.	78
1854.	63
1859.	62
1863.	56

Ces derniers rendements sont certes des plus médiocres ;

(*) Les résultats de l'exploitation du filon de *Veta-Grande*, de 1859 à 1863, ont été comme suit :

ANNÉES.	MINERAIS EXTRAITS. kilogrammes.	ARGENT PRODUIT. grammes.
1859.	5.470.320	5.759.660
1860.	6.286.314	5.677.090
1861.	9.221.574	11.138.440
1862.	10.679.820	14.918.030
1863.	9.914.616	13.923.740

cependant, telle est l'abondance des minerais, telle aussi la puissance des usines, que ces mines du Fresnillo ont encore produit, de 1859 à 1863, 29 millions de francs d'argent et réalisé un bénéfice net d'environ 540.000 francs.

Les quelques observations que je viens de présenter sur la richesse des filons et leur allure en profondeur me semblent conduire à une conclusion utile.

Les grandes richesses retirées des filons du Nouveau Monde ont souvent excité l'esprit d'entreprise, et de grands capitaux venus d'Europe ont été consacrés au Mexique ou ailleurs à la reprise des mines les plus célèbres laissées par les anciens. L'expérience prouve que de telles entreprises sont des plus périlleuses; elle montre que les minerais riches ont été poursuivis par les anciens mineurs avec une ténacité très-grande, et qu'après les énormes dépenses nécessaires pour reprendre des exploitations si vastes et si bouleversées, on ne trouve le plus souvent qu'un gîte appauvri, inexploitable dans sa profondeur.

D'un autre côté, s'il est certain qu'il existe en Amérique, dans le voisinage des roches dioritiques, des minerais d'argent, d'une richesse et d'une abondance inconnues en Europe, s'il est même possible de poser quelques règles pour aller à leur rencontre, il est aussi constant que ces dépôts d'argent sont rares, et que par conséquent ce n'est pas de leur exploitation possible que doivent s'attendre les grands produits nécessaires à ces entreprises lointaines, tandis que, au contraire, ces produits peuvent être presque sûrement réalisés par l'exploitation bien faite des minerais pauvres, mais abondants, que contiennent les filons.

CHAPITRE PREMIER.

Situation générale des usines.

Les conditions économiques des usines mexicaines n'ont rien de comparable aux conditions analogues des usines européennes. L'industrie minérale est, en effet, la seule qui existe au Mexique; elle ne peut pas, comme en Europe, s'aider du concours des industries voisines; elle doit, en chaque lieu, satisfaire seule à ses besoins. Les ressources naturelles que lui offre le pays sont des plus limitées, et, pour les mettre en œuvre, elle ne dispose que d'une population ignorante qui depuis un demi-siècle semble n'avoir d'énergie que pour la guerre civile. Aussi, dans l'appréciation qu'on peut en faire, faut-il moins considérer le vice des méthodes employées et l'imperfection des résultats obtenus, que les difficultés même au milieu desquelles ces résultats sont produits. Avant d'entrer dans le détail des usines, je crois donc utile de donner quelques indications générales sur les ressources dont elles peuvent disposer.

Les principaux articles de dépense pour les usines d'amalgamation, que j'ai surtout en vue, sont dans l'ordre de leur importance :

1° La force motrice,

2° Les réactifs nécessaires, { Sel, Mercure, Magistral, Combustible,

3° La main-d'œuvre.

J'examinerai, dans ce qui va suivre, chacun de ces éléments du travail ; j'ajouterai, à la suite, quelques détails sur les moyens de transport existant au Mexique.

§ 1. — FORCE MOTRICE.

1° *Force motrice.* — On peut, sous le point de vue de la force motrice, établir une distinction fort nette entre les usines à argent du Mexique : d'un côté, celles qui se trouvent dans les vallées des cordillères en dessous du plateau central et qui peuvent disposer des cours d'eau qui descendent de ces montagnes, et d'un autre côté, celles qui sont situées sur le plateau même où il n'existe à vrai dire aucune rivière permanente, et qui n'ont d'autre ressource que celle des moteurs animés. Les premières sont au milieu de contrées restées presque désertes à cause de l'insalubrité de leur climat ; elles n'ont jamais eu qu'une importance secondaire (*). Les secondes, au contraire, se trouvent au centre des régions les plus peuplées du Mexique, elles ont en quelque sorte toujours résumé l'industrie minérale du pays ; je ne m'occuperai que de ces dernières.

De tous ces districts, privés de moteurs hydrauliques, deux seulement, ceux de Pachuca et de Fresnillo, ont pu établir des machines à vapeur. Tous les autres, Zacatecas, Guanajuato, Catorce, Nièves, Sombrerete, etc., ont encore recours à des moteurs animés. Ces moteurs sont exclusivement des mules.

Ces animaux proviennent des provinces du nord où ils s'élèvent par troupeaux de plusieurs milliers de têtes ; ils arrivent, encore demi-sauvages, dans les provinces du centre où ils se vendent 30 à 35 piastres, soit 162 à 189 francs, par tête ; ils sont ensuite employés, soit à l'épuisement des mines, soit au broyage des minerais.

Attelées aux appareils de broyage, qui seront décrits plus tard, ces mules, de taille et de force moyenne inférieures à celles d'Europe, donnent 12 heures de travail en deux postes de 6 heures. Leur effort moyen peut au plus être

(*) L'usine de Regla fait seule exception.

porté à 45 kilogrammes, avec une vitesse moyenne de 0^{m}.60 par seconde. La durée du travail effectif est de 8 heures en moyenne sur 24, à cause des chômages pendant le service des appareils.

Le prix de revient de cette quantité de travail dépend principalement du prix des fourrages, grains de maïs et paille d'orge, qui servent à l'alimentation de ces animaux, la durée de leur service étant généralement fort longue. Or, le prix de ces fourrages varie au Mexique entre des limites très-étendues. Ainsi à Guanajuato, en 1862, le prix du maïs en grains était de 1 piastre $\frac{1}{8}$ la *fanègue* soit 9^{f}.78 les 100 kilogrammes; deux ans après il se vendait 9 piastres, soit 70^{f}.47, au même poids de 100 kil.

Ces variations de prix des denrées agricoles ont sur les exploitations d'argent une importance assez considérable pour qu'il soit nécessaire d'y insister, en montrant entre quelles limites peut varier le prix de revient de la force motrice sur ces exploitations.

A Guanajuato, à l'usine *San Juan*, qui occupe 240 mules, et pour des valeurs de denrées savoir :

Maïs grain, 2 piastres 1/2 la fanègue. . . . . . 19^{f},56 le quintal.
Paille fourrage, 1 réal 3/4 l'arrobe. . . . . . . 10^{f},27 —

Les dépenses faites pour les écuries ont été :

DÉPENSES.	PIASTRES.	FRANCS.
Maïs en grains.	9.158,20	49.454,28
Fourrages.	9.571,18	51.684,37
Fers des animaux.	450,52	2.432,81
Main-d'œuvre d'écurie.	507,84	2.742,34
Animaux morts.	92,00	496,80
Ensemble.	19.779,74	106.810,60

Lesquelles sommes équivalent en francs, par jour et par mule, savoir :

	francs.
Maïs en grains.	0,589
Fourrage.	0,584
Fers.	0,028
Main-d'œuvre.	0,031
Animaux perdus. . . .	0,006
Ensemble.	1,218

A Zacatecas, l'usine Bernardez renferme 384 mules de travail ; et pour des prix de fourrages, savoir :

Maïs.	3 piastres la fanègue.	3f,49	le quintal
Paille.	1 1/4 real l'arrobe.	7,33	id.

Les dépenses, pour une année, se sont élevées aux chiffres suivants :

DÉPENSES.	PIASTRES.	FRANCS.
Maïs en grains.	10.589,00	57.180,60
Paille d'orge.	15.616,74	84 330,40
Main-d'œuvre d'écurie.	1.921,76	10.377,50
Animaux morts.	479,18	2.587,57
Ensemble.	28.606,68	154.476,07

Ce qui conduit, par jour et par mule, à l'état de frais suivant :

Dépenses :

	francs.
Maïs en grains.	0,408
Fourrages.	0,602
Main-d'œuvre.	0,074
Animaux morts.	0,018
Ensemble.	1,102

La journée de mule, définie ci-dessus en quantité de travail utile produit, revenait ainsi, pour les deux cas observés, à 1f,15 environ.

Pour établir un prix moyen général de ce travail moteur, et montrer les valeurs extrêmes qu'il peut atteindre, je

prendrai les prix de denrées agricoles suivants, que j'ai pu observer au Mexique, et qui correspondent à des années de récolte, très-bonne, moyenne et très-mauvaise (*).

Prix minima.

Maïs	1 2/8 piastre la fanègue. . . .	9^{f},78 les 100 kilog.
Fourrage. . .	1 réal l'arrobe.	5,87 —

Prix moyen.

Maïs.	2 piastres la fanègue.	15^{f},66 les 100 kilog.
Fourrage. . .	1 1/2 réal l'arrobe.	8,80 —

Prix maxima.

Maïs.	9 piastres la fanègue.	70^{f},47 les 100 kilog.
Fourrage. . .	5 réaux l'arrobe.	29,35 —

Dans ces conditions, et en supposant constants les autres éléments de dépense, on a, pour prix moyen de la journée de mule, et pour prix extrême, les nombres suivants :

Prix moyen et prix extrême du travail d'une journée de mule.

NATURE des dépenses.	PRIX MINIMA.		PRIX MOYEN.		PRIX MAXIMA.	
	Guanajuato.	Zacatecas	Guanajuato.	Zacatecas	Guanajuato.	Zacatecas
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Maïs.	0,282	0,170	0,452	0,273	2,033	1,224
Fourrages	0,336	0,481	0,505	0,600	1,684	2,406
Main-d'œuvre. . .	0,059	0,074	0,059	0,074	0,059	0,074
Animaux morts . .	0,006	0,018	0,006	0,018	0,006	0,018
Totaux.	0,683	0,743	1,022	0,965	3,782	3,722
Moyennes	0^{f},713		0^{f},993		3^{f},752	

(*) L'abondance ou la rareté des récoltes dépendent, au Mexique, de l'abondance ou de la rareté des pluies. Si l'année a été sans orages en mai et en juin, au moment des semailles du maïs, la récolte est perdue. Ces cas sont fort fréquents : les disettes qui s'ensuivent ne peuvent pas être conjurées par l'excès des années d'abondance; car, après deux ou trois ans, quel que soit d'ailleurs son mode de conservation, le maïs est attaqué par des larves et rapidement détruit.

Ces variations dans le prix de l'entretien des mules, se traduisent par de très-grandes sommes dans les dépenses totales des usines, à cause du grand nombre d'animaux qui leur sont nécessaires. Ainsi l'usine du Fresnillo, avant l'établissement de ses machines à vapeur, n'occupait pas moins de 1.800 mules en moyenne; les dépenses pour ses animaux pouvaient donc varier d'une année à l'autre, de la somme de 468.000 francs à celle de 2.464.000, soit 2 millions de surplus de dépenses dans un an (*).

Les entreprises prospères et fortement organisées peuvent seules faire face à de pareils excès de dépenses, les autres sont forcées de suspendre leur travail.

Aussi une année de disette pour l'agriculture, est toujours suivie d'une baisse dans la production de l'argent :

A Guanajuato pour des prix successifs du maïs de :

1 2/8 piastres,	la production a été de	5.242.200 piastres	en 1862.
4 piastres. . .	*idem.*	4.113.200 piastres	en 1863.
9 piastres. . .	*idem.*	3.572.000 piastres	en 1864.

Les relations de l'agriculture et de l'industrie minérale sont donc intimes au Mexique; la première ne doit pas seulement fournir à la seconde l'alimentation de la population ouvrière, elle doit, encore, lui assurer la force motrice nécessaire. Le travail des champs doit, en un lieu donné, précéder le travail des mines; cette condition est absolue, et toute entreprise qui n'en tiendrait pas compte, considérant seulement les gisements disponibles sans apprécier exactement les ressources agricoles qui les avoisinent, compromettrait sûrement son existence : et c'est cette nécessité même qui pourra reculer, peut-être pour longtemps, l'époque à laquelle les exploitations de l'argent pourront pénétrer dans les régions encore désertes des provinces du nord.

(*) C'est justement à la suite d'une disette terrible, en 1850, que la compagnie du Fresnillo décida l'établissement de moteurs à vapeur pour l'épuisement des mines et le broyage des minerais.

§ 2. — RÉACTIFS MÉTALLURGIQUES.

Sel marin. — Le sel est, eu égard à son prix et aux quantités qui en sont nécessaires, le réactif le plus dispendieux de l'amalgamation mexicaine. Pendant très-longtemps on le retirait exclusivement des eaux de la mer, soit dans les salines du golfe voisines de Tampico, soit dans celles de Colima, sur le Pacifique. Mais ce sel, encore demandé par quelques mines, ne peut y arriver qu'à un prix très-élevé, 25 piastres environ la *charge*, soit 587 francs la tonne.

Il n'est guère possible d'espérer, tout au moins pour un avenir prochain, une diminution un peu notable sur ces prix. Le climat malsain des côtes mexicaines en éloigne, en effet, la population, il y rend ainsi la main-dœuvre rare et très-chère, et s'oppose à l'établissement d'une industrie régulière pour l'exploitation des marais salants. De plus, les principaux districts de mines d'argent, *Pachuca*, *Guanajuato*, *Zacatecas* sont à 80, 100, 150 lieues des côtes, et, sur la plus grande partie de ce parcours les transports doivent se faire à dos de mulet; enfin les dissensions civiles qui divisent le pays interrompent à tout instant les relations commerciales lorsque les distances à parcourir sont un peu étendues, les approvisionnements des usines deviennent, par cette cause, souvent impossibles, et l'existence même des exploitations est aussitôt compromise, car une cessation de travail leur devient bientôt ruineuse à cause des nombreux animaux qui sont nécessaires. On s'est donc efforcé de s'affranchir de la nécessité de recourir à la mer, en exploitant les terres et les eaux salées que l'on trouve à l'intérieur du pays et à proximité des mines.

Toute la région centrale du Mexique, dans les provinces de *San-Luis*, *Zacatecas*, *Durango*, etc., forme un vaste plateau où se rencontrent fréquemment des bassins hydrographiques, isolés les uns des autres, et sans communication

avec les mers, au fond desquels les eaux se réunissent pour former des lacs permanents ou de simples flaques d'eau (*lagunas*) temporaires. Ces eaux intérieures sont rarement bien bonnes à boire, on les trouve souvent alcalines ou salées.

Depuis longtemps déjà les mines d'argent du Fresnillo et de Zacatecas utilisaient les terres salées (*Saltierras*) que l'on obtenait en raclant le fond de ces lagunes desséchées. Mais ces terres qui tenaient près de 50 p. 100 de sable et d'argile, et moins de 20 p. 100 de chlorure pur, augmentaient beaucoup les frais de manipulation des minerais, et l'on en vint à rechercher le moyen de fabriquer du sel pur sur le bord des lagunes.

Cette industrie, limitée d'abord aux salines de ***Santa Maria del Peñon blanco***, s'est rapidement propagée ; et aujourd'hui les exploitations de ***Laguna blanca***, de ***Chichimequillas***, ***El Agrito*** etc., fournissent au Fresnillo, à Zacatecas, à Durango, le sel nécessaire à leurs usines ; dans le nord, ***Alamos de Parras*** alimente une partie de Chihuahua, et enfin dans le sud, les eaux salées du lac de ***Texcoco*** près de Mexico, sont exploitées par les compagnies des mines de Réal del Monte.

Dans les lagunes qui se dessèchent en été, on va chercher l'eau salée par des puits creusés au centre du bassin ; pou les lacs permanents, on puise l'eau dans le lac au momen de l'étiage, et, dans les deux cas, on les conduit dans des bassins d'évaporation placés au-dessus des plus hautes eaux de l'hiver.

La concentration de ces eaux est extrêmement rapide, grâce à la haute température et à la faible pression de l'atmosphère du pays. D'après quelques mesures que j'ai pu prendre, on peut admettre que la hauteur de la nappe d'eau évaporée en un jour, à la surface d'un réservoir très-étendu à l'air libre, est de :

0^{m},005 à Mexico.
0 ,008 à San-Luis.
0 ,003 à Durango.

Mais ces eaux salines des lagunes intérieures ne contiennent pas seulement du chlorure de sodium. Au *Peñon blanco*, le résidu de l'évaporation contient 30 p. 100 de sels étrangers, parmi lesquels domine le sulfate de soude.

Au lac de Texcoco les eaux contiennent pour 100 de résidu fixe (*) :

Sel chlorure de sodium.	51
Carbonate de soude.	44
Sulfate.	4

L'élimination du carbonate et du sulfate se réalise en partie dans les ateliers des salines, en utilisant la différence qui existe entre la solubilité de ces sels et celle du chlorure aux températures du jour et de la nuit.

Pendant la saison sèche, qui est la saison de travail des salines, la température moyenne, pendant le jour, de la vallée de Mexico, est de 22° centigrades; pendant la nuit, cette température s'abaisse à 10 ou 12°. Pour cette différence d'environ 10°, la solubilité du sulfate de soude diminuant de plus de la moitié, celle du carbonate de près de un tiers, et celle du chlorure restant à peu près constante, on peut arriver à éliminer une partie des premiers sels.

On concentre les eaux salées par évaporation dans des bassins ouverts jusqu'à 30 ou 32° de l'aréomètre, en les abritant du soleil pendant le jour, et les découvrant au rayonnement pendant la nuit; dès que ce degré a été atteint, le refroidissement nocturne détermine la précipitation du sulfate et du carbonate, le chlorure restant dissous.

Les eaux sont ensuite conduites dans des réservoirs très-étendus, très-peu profonds, et découverts; elles y sont rapidement desséchées par le soleil; le résidu salin est expédié aux mines comme sel marin.

La purification du chlorure est loin d'être complète; les

(*) Résultats communiqués par M. Bowring.

sels inférieurs du *Peñon blanco* ne renferment guère que 70 p. 100 de chlorure pur, les sels moyens arrivent à 80 p. 100 et les plus purs, en fort minime quantité, à 90 p. 100. A l'usine de Texcoco, le sel livré est fortement alcalin et retient encore en moyenne générale de 10 à 15 p. 100 de carbonate de soude.

Il est essentiel d'observer que ces sels impurs et alcalins n'entravent en rien les réactions de l'amalgamation des minerais sur le *patio*.

Le prix de revient de ces sels bruts dépend de la richesse des eaux premières, et surtout de l'épuration plus ou moins complète qu'on veut obtenir.

A Salinas del *Peñon blanco*, où les eaux marquent 15° Beaumé, et où l'épuration n'est pas poussée très-loin, le prix de revient des sels n'est guère que de 1 piastre ½ la charge; 3f,91 les 100 kilogrammes; à Texcoco, où les eaux premières ne renferment que 6 p. 100 de chlorure, et où l'épuration est contrariée par les matières organiques que les égouts de la capitale versent dans le lac, le sel est porté dans les comptes à un prix de revient de 11,90 piastres la charge, 46f,53 le quintal.

Ces prix s'augmentent ensuite pour chaque district des frais de transport qui lui sont propres; de là des différences très-grandes dans les conditions des divers centres de mines.

Le Fresnillo et Zacatecas payent en moyenne leurs sels à 4 piastres ½ la charge (138 kilog.), 17f.59 les 100 kilogrammes, pour une teneur en chlorure de 70 à 80 p. 100.

A Guanajuato, des sels de même qualité valent 8 piastres ¼ la charge; 32f,25 le quintal.

Catorce, San Luis, Matehuala, s'alimentent à des salines voisines, et encore peu actives, ces usines payent 6 piastres la charge; 23f,46 le quintal.

Zacualpam, Tasco et les usines de cette chaîne du sud reçoivent du sel presque absolument pur d'Ixtapa et de

Laguitzlan au prix de 12 piastres les 300 livres soit, 46f,92 les 100 kilogrammes.

Ces prix, encore si élevés, constituent cependant un bénéfice énorme sur les dépenses qu'entraînerait l'emploi du sel venant de la mer.

Je ne citerai qu'un exemple.

Pendant les cinq années qui se sont écoulées de 1859 à 1864, l'usine du Fresnillo a traité 231.000 tonnes de minerais; pour ce traitement, il a été employé 13.000 tonnes environ de sels impurs du *Peñon blanco* équivalant à 9.750 tonnes de sel marin pur qu'on eût tiré de Colima; le sel du Peñon a causé une dépense de 2.286.000 francs, le sel de Colima n'eût pas coûté moins de 4.500.000 fr., entraînant ainsi un surcroît de dépense de plus de 2.200.000fr.; or, les bénéfices nets des mines, pendant la période que je considère, n'ont pas atteint le chiffre de 500.000 francs.

La production du sel, sur ces lagunes intérieures, a donc été d'un immense secours pour les usines à argent, et ce serait pour elles un bien grand bienfait, si l'on pouvait encore abaisser les prix par l'extension des exploitations actuelles, et la recherche de nouveaux gisements.

Toutes les entreprises qui se sont fondées dans ce but, ont, jusqu'ici, dirigé leurs travaux en admettant l'existence, dans le sous-sol des plaines, d'une couche de sel gemme que les eaux pluviales iraient dissoudre en profondeur, et ramèneraient ensuite à la surface. Cette hypothèse semble peu fondée; ces lagunes salées du Mexique ont, je crois, une autre origine.

Les puits qui ont été creusés aux salines du Peñon, de Chichimiquillas, etc., ont partout montré que jusqu'à la profondeur qui a été atteinte, 150 mètres, le terrain d'où sortaient les eaux salées comprenait une succession de marnes calcaires sans fossiles, de conglomérats à ciment calcaire, d'argiles ocreuses en couches horizontales, renfermant avec le sel marin, du gypse cristallisé, des fragments de roche

et scories volcaniques, et des débris ponceux de même origine. Un de ces puits au Peñon a de plus fait découvrir des dents fossiles, des débris osseux de diverse nature, dont l'origine n'a pas pû être déterminée, mais qui ne peuvent être rapportés qu'aux grandes races des quadrupèdes tertiaires. Les terrains salifères du plateau mexicain sont donc postérieurs à la première apparition des volcans, et ne remontent pas au delà de la période tertiaire miocène (*).

Si on observe maintenant, que dans le bassin hydrographique de toutes ces dépressions salées on trouve constamment des roches volcaniques, que toute eau douce peut même disparaître sur de grandes étendues, lorsque ces roches prennent une extension très-grande (*el mal pais* des indigènes), on sera conduit à établir une corrélation directe entre la présence du sel, et la présence des produits volcaniques.

Des observations précises, faites à l'usine à sel de Texcoco, ont constaté que le sel arrivait au lac par les cours d'eau qui descendent des montagnes qui le dominent vers l'est, lesquelles sont couvertes de scories, de débris ponceux, de produits volcaniques de toute espèce provenant du Popocatepetl. Il a été de plus observé, que la salure de ces ruisseaux est plus grande lorsqu'ils reprennent leur cours au commencement de la saison des pluies, que lorsqu'ils cessent de couler après que le sol a été longtemps détrempé et lavé par les eaux.

Ce n'est pas seulement par ces lavages extérieurs des terrains volcaniques que le sel s'est concentré dans les bassins intérieurs, il a pu aussi y être emmené par des émanations directes.

(*) Des restes fossiles analogues trouvés autrefois sur les bords du lac de Texcoco, avaient été rapportés par M. Andrés del Rio aux espèces Mastodon giganteus et Mastodon longirostris (*Catalogue du musée de Mexico*). De semblables ossements ont été trouvés en nombre d'autres lieux.

A *Ixtapa de la sal*, village au S.-O. de Mexico, situé sur la zone de contact des schistes métallifères de Zacualpam et du massif volcanique de Toluca, on trouve une source d'eaux thermales, marquant 38° centigrades, dégageant en abondance de l'acide carbonique, et déposant sur le sol un calcaire caverneux fortement salé; les habitants exploitent ce tuf calcaire avec les eaux de la source, et en retirent un sel blanc très-pur utilisé pour les besoins domestiques.

Le sel marin des lagunes du Mexique n'est donc pas, à mes yeux, le résultat de l'évaporation d'eaux marines, ou le produit de la dissolution de bancs de sel gemme, analogues à ceux du trias, comme on semble l'admettre dans les travaux des salines. C'est un produit dérivé de l'action volcanique si puissante dans ce pays. Ce sel a été emmené en dissolution à la surface, soit par l'action des eaux extérieures, soit par l'action directe des sources thermales éruptives; se rendant avec les eaux qui l'emmenaient dans les dépressions du sol, il s'y conservait par suite de l'isolement de ces bassins intérieurs, et s'accumulait au fond des lacs avec les dépôts qu'y formait l'action sédimentaire. Plus tard, ces lacs comblés peu à peu, ont cessé d'être permanents par suite de l'action prépondérante de l'évaporation sur une masse d'eau plus étendue et moins profonde, et sont devenus des *lagunas* plus ou moins desséchées à la saison d'été; en certains lieux l'évaporation a pu devenir complète, et le dépôt salin a été mis à découvert.

Mercure. Le prix du mercure a toujours eu une grande influence sur la production de l'argent au Mexique. Pendant toute la durée de la domination espagnole, ce prix resta fixé par la cour de Madrid. Propriétaire des mines de cinabre de l'Almaden, la couronne d'Espagne voulut se réserver le monopole de ses produits dans toutes ses possessions du nouveau monde; en ce qui concerne le Mexique, une ordonnance royale de 1559 prohiba l'importation du mercure, mit ce métal en régie et en fixa le prix

à 82,70 piastres le quintal. Ce prix resta constant pendant deux siècles. En 1767, le gouvernement métropolitain, cédant aux instances des vice-rois de Mexico, consentit à venir en aide aux mineurs, et abaissa le prix d'abord à 62 piastres de 1767 à 1776, puis à 42 piastres $\frac{1}{2}$ de 1776 à 1810, époque du soulèvement du Mexique.

Chacune de ces diminutions de prix fut suivie d'une augmentation dans la production de l'argent. Ce fait est mis en évidence par la Pl. IV où j'ai donné la courbe de la production des métaux précieux au Mexique, et où la ligne *m m' m''* indique les dépressions successives du prix du mercure.

Après les guerres de l'indépendance, le trafic du mercure devint libre au Mexique, et le commerce le livrait à raison de 60 piastres environ le quintal (1826), lorsque l'aliénation temporaire des mines de l'Almaden par le gouvernement d'Espagne, vint créer un second monopole bien autrement redoutable que les exigences du trésor royal à Madrid. Les prix s'élevèrent rapidement, et ils avaient atteint le chiffre de 170 piastres le quintal mexicain, 1.995 francs les 100 kilogrammes du métal pris à Mexico, lorsque la découverte du cinabre en Californie vint affranchir le Mexique du tribut désastreux que le fermier de l'Almaden prélevait sur son industrie.

Aujourd'hui les prix sont de 60 à 64 piastres le quintal de 46 kilogrammes; et à ce taux l'emploi du mercure cesse d'être très-onéreux, car sa consommation à Zacatecas, par exemple, n'équivaut qu'à 59 grammes d'argent par tonne de minerai traité, et n'arrive pas à 50 grammes pour les minerais de Guanajuato.

Mais ces conditions ne sont applicables qu'aux exploitations importantes, à celles qui renouvelant, comptant, les grands approvisionnements qui leur sont nécessaires, font en quelque sorte les prix du marché; il n'en est pas de même pour la petite industrie.

Il existe, en effet au Mexique, nombre d'exploitations entrant ensemble pour une part considérable dans la production totale, qui sont entre les mains de mineurs sans ressources, qui vivent au jour le jour, se procurent le nécessaire par l'aliénation anticipée de leurs produits, et ne se soutiennent en quelque sorte que par la vie misérable de ceux qui y travaillent. Pour les approvisionnements, sel, maïs et combustible, qui existent autour d'elles, ces exploitations arrivent à se les procurer à force de travail, le mercure seul leur échappe, et ne peut être obtenu qu'à prix d'argent. C'est en vain que pendant trois siècles, le sol du Mexique a été fouillé à la recherche du cinabre; ces recherches, si patientes et si actives, n'ont servi qu'à démontrer, que si le mercure existe en nombre de lieux il est à peu près partout inexploitable avec profit (*) ; le mercure ne se trouve donc qu'aux mains de commerçants pour la plupart étrangers, et c'est alors que, s'il est sans garanties, le mineur doit subir de dures conditions.

Le mercure lui est d'abord compté $\frac{1}{3}$ en sus de son cours normal, soit aujourd'hui à 90 piastres le quintal mexicain (46 kilogr.) : ce prix doit de plus être payé à jour fixe, avec de l'argent non monnayé, et cet argent n'est jamais

---

(*) Le cinabre a été exploité au minéral *del Doctor*, près de *Queretaro*, à *Rincon de Centeno* près Guanajuato, à *Durazno*, etc., je l'ai trouvé moi-même dans un lieu où il ne paraît pas avoir été exploré entre Lagos et Ledesma.

La seule exploitation qui ait survécu à ces recherches, est celle de *Guadalcazar*, 28 lieues N.-E. de San-Luis Potosi; le cinabre s'y trouve à *Minas Viejas*, dans un calcaire qui me semble de même âge que celui de Catorce et de San Pedro (jurassique supérieur), il se présente en noyaux par chapelets, de dispositions fort irrégulières. Ces mines portent des traces d'exploitations par le feu dont on n'a aucune tradition dans le pays; il y a vingt ans environ, la production s'était élevée à 1 000 quintaux par année, le rendement variait de 0,20 à 0,30 pour 100. Aujourd'hui l'exploitation est tout à fait intermittente, et ne produit pas 100 quintaux de mercure tous les ans.

Les mines du Doctor, et les autres, sont entièrement abandonnées.

compté au mineur au delà de 8 piastres le marc à 1000/1000es, soit 187^{f}.8 le kilogramme. Ces conventions reviennent à payer le mercure 12^{f}.40 le kilogramme, au lieu de 7 francs son prix actuel à Mexico. Pour cette classe de mineurs, le monopole n'a fait que se déplacer, et c'est à ce titre qu'on peut dire, que l'emploi du mercure est l'une des nécessités les plus onéreuses de l'exploitation de l'argent au Mexique.

Magistral. Le magistral est le réactif qui gouverne l'amalgamation par le patio. Le sel et le mercure n'ont par rapport à lui qu'un rôle secondaire. Pour le sel, par exemple, on peut en accroître la dose sans jamais entraîner de conséquences fâcheuses; pour le magistral au contraire, le moindre excès dans son emploi précipite les réactions, les fait rapidement dégénérer, et si on n'y porte un prompt remède, peut entraîner la perte totale du mercure et de l'argent. Au point de vue de la dépense, le magistral est le moins cher des réactifs nécessaires.

Le magistral se prépare en grillant au four à réverbère des pyrites de cuivre finement pulvérisées.

Les principaux gisements de cuivre exploités pour magistral, sont : ceux de *Tepezala* près *Aguas-Calientes*, ceux de l'*Encarnacion* à *Zimapam* non loin de Pachuca, ceux de *Matehuala* voisins de Catorce, et enfin ceux de *Santa Clara del cobre* dans le Michoacan.

Toutes ces exploitations n'ont pas la même importance; les plus actives sont celles de *Tepezala* qui alimentent les usines de Fresnillo, Zacatecas, Guanajuato, fournissant ainsi le réactif nécessaire à une production d'environ 50 millions de francs d'argent, par année.

Le minerai de Tepezala contient comme espèces minérales : du cuivre pyriteux, du cuivre panaché, du mispickel, des oxydes de fer provenant de l'altération des pyrites de fer, et comme gangue, de la chaux carbonatée, du quartz et un silicate alumineux verdâtre. L'essai pour soufre et

métaux d'un échantillon prélevé sur un minerai de 1re qualité m'a donné :

Mine crue du Magistral de Tepezala.

Cuivre.	0,13
Fer..	0,28
Soufre.	0,19
Complément (gangues, etc.).	0.40
Ensemble.	1,00

Le minerai extrait à Tepezala est trié à la main sur le carreau de la mine, classé suivant sa richesse, puis ainsi expédié aux mines.

Fresnillo et Zacatecas situés à 18 et 30 lieues de Tepezala, et où le transport peut se faire par chariots, reçoivent les minerais les plus pauvres; Guanajuato distant de 40 lieues et où le frêt doit se faire à dos de mulet, achète surtout des minerais riches.

Une longue expérience a établi les prix des diverses catégories des minerais de Tepezala; à Zacatecas on paye la mine crue la plus pauvre, 3 piastres à 3 ½ piastres la charge de 300 livres, de 117 à 137 francs la tonne. La teneur en cuivre moyenne de ce minerai ne peut pas être portée au delà de 7 ou 8 p. 100.

A Guanajuato le minerai à magistral de première qualité se vend 11 piastres la charge, soit 430 francs la tonne; la teneur en cuivre peut s'évaluer de 12 à 14 p. 100.

Ces minerais arrivent aux usines en fragments de 5 à 7 centimètres de côté, on les concasse et on les porphyrise avec les mêmes appareils qui servent au broyage des minerais d'argent et qui seront ultérieurement décrits. On obtient ainsi une boue pyriteuse très-fine qui est réunie dans des bassins peu profonds où elle séjourne jusqu'à son entière dessiccation. Le minerai est alors retiré en masses agrégées et fort dures, qu'il faut concasser, désagréger à coups de masses, passer au crible et tamiser, avant de les porter au four de grillage.

La forme de ces fours de grillage, la durée de l'opération, et surtout la conduite du feu sont choses des plus variables dans les divers districts. Il ne paraît pas que le but de l'opération soit bien défini dans l'esprit de ceux qui l'exécutent, il semble que l'on se propose avant tout de bien brûler le minerai, c'est-à-dire d'arriver à l'oxydation complète des pyrites, sans trop tenir compte de l'influence que peut avoir la conduite du feu sur le résultat final de l'opération. Sur ce point de la fabrication technique du magistral, la pratique n'a rien établi de fixe et de général.

Les meilleurs fours à citer sont ceux de Guanajuato. Ils comprennent deux soles de grillage placées à un même niveau, et chauffées par un foyer unique, disposé entre ces deux soles; les flammes se divisent à droite et à gauche appelées par deux cheminées placées en face l'une de l'autre aux extrémités opposées de chaque sole. Cette disposition adoptée pour l'économie du combustible ne remplit pas son but; elle complique d'ailleurs le travail et est un obstacle à la régularité des produits. En dessous des aires de grillage sont ménagés des espaces voûtés où l'on fait tomber le magistral grillé par des ouvertures pratiquées sur la sole en face des portes de travail.

Chaque four est conduit par un maître grilleur aidé d'un manœuvre pour le transport du bois et du minerai, la charge se compose de 184 kilogrammes de farine pyriteuse; le combustible est du bois de chêne ou de mimosa.

Le feu et la durée de l'opération varient dans chaque usine; dans les unes, on commence par un coup de feu poussé jusqu'au rouge vif qu'on maintient trois ou quatre heures, puis on cesse d'attiser le foyer et la température se maintient au rouge par la combustion des pyrites, on défourne après douze heures; dans d'autres usines, on élève progressivement la température pendant six heures et on la porte au rouge, on donne un coup de feu de deux heures et on défourne après huit heures. La pratique de

toutes les usines peut être ramenée à ces deux types principaux de travail.

La composition du produit ainsi obtenu est assez complexe; elle est indiquée par les résultats suivants qui m'ont été donnés par un magistral de deuxième qualité préparé à l'usine Bernardez de Zacatecas avec les minerais de Tepezala.

Magistral de deuxième qualité. — Composition.

Partie soluble dans l'eau, 24,58 p. 100	Eau contenue	7,60
	Oxyde de cuivre	2,50
	Oxyde de fer	0,57
	Chaux	3,17
	Soude (**)	1,47
	Acide sulfurique	9,15
	Chlore	0,12
Résidu insoluble dans l'eau. 75,42 p. 100	(*) Oxyde de cuivre	5,70
	Oxyde de fer	20,50
	Chaux	7,84
	Silice et silicates	38,00
	Soufre inaltéré	2,22
	Arsenic (non séparé)	traces.
	Total	98,84

(*) La totalité du cuivre des résidus insolubles dans l'eau a été supposée s'y trouver à l'état d'oxyde. L'eau contenue est celle du magistral au moment de l'analyse, longtemps après sa préparation.

(**) Les sels de soude qui se trouvent dans ce magistral, sels que l'on peut constater dans les produits analogues de la plupart des usines ont une origine accidentelle; ils proviennent des eaux qui servent au broyage du minerai de cuivre cru. Ces eaux ont généralement servi à l'amalgamation des minerais d'argent; elles contiennent ainsi une certaine quantité de sel; on les recueille, avec soin, à Zacatecas et à Guanajuato, à cause de leur grande rareté; elles passent d'une usine à l'autre, et se concentrant par évaporation, finissent par devenir très-fortement salées. Le sel contenu reste dans les boues pyriteuses lors de leur dessication. Le grillage des pyrites cuivreuses pour magistral se fait alors en présence d'une proportion sensible de sel marin.

Le trait distinctif de cette composition est la destruction presque complète du sulfate de fer, la présence d'un peu d'acide sulfurique libre, et la faible proportion du cuivre obtenu à l'état de sulfate. Ce dernier caractère se retrouve, quoique à un moindre degré, dans les produits d'autres usines que j'ai eu l'occasion d'examiner, et dont voici la composition principale :

Magistral de richesse moyenne. — Zacatecas.

Sulfate de cuivre (anhydre)	9,03	
Oxyde de cuivre (résidus insolubles)	5,00	
Sulfate de fer	6,75	
Peroxyde de fer	18,75	
Gangues, éléments non dosés	60,47	(complément)
Total	100,00	

Magistral de première qualité. — Usine San Juan à Guanajuato.

Sulfate de cuivre	19,00	
Oxyde de cuivre	5,50	
Sulfate de fer	14,80	
Peroxyde de fer	25,80	
Gangue et éléments non dosés	34,90	(complément)
Total	100,00	

Quel que soit le rôle que l'on puisse assigner, *à priori*, à chacun de ces éléments dans le travail de l'amalgamation, un fait bien constant dans la pratique, c'est que l'énergie d'un magistral croît comme sa teneur en sulfate de cuivre, et que le magistral par excellence, celui qui donne au *patio* les réactions les plus nettes et les plus sûres, est le sulfate de cuivre pur, tel que le livrent les ateliers de l'affinage de l'argent. Le grillage de la mine crue du magistral devrait donc être conduit, de façon à conserver à l'état de sulfate la plus grande partie possible du cuivre contenu, en grillant le minerai à une basse température en présence d'un excès d'air, puis élevant la tempé-

rature jusques à la décomposition du sulfate de fer, sans atteindre celle à laquelle se décompose le sulfate de cuivre.

On voit que ce résultat n'est pas atteint, d'une manière bien satisfaisante, par les ateliers mexicains, puisque à Zacatecas, par exemple, 53 et 70 p. 100 du cuivre contenu sont restés insolubles. La cause en est dans la température beaucoup trop élevée des fours de grillage, et dans le peu de soin des ouvriers à remuer les minerais; il suffit en effet de laver un peu de ces *magistrales*, pour mettre, le plus souvent, en évidence des pyrites restées inaltérées.

Ces inconvénients du magistral ordinaire, perte de cuivre utile, et incertitude de composition, sont bien connus; quelques usines ont cherché à s'en affranchir, en ajoutant dans le four de grillage, après que le minerai a été presque entièrement oxydé, 16 p. 100 de son poids de sel marin; après cette addition et un mélange intime des matières, on les laisse une heure en réaction au rouge sombre, puis on défourne.

Cette intervention du sel marin peut transformer une partie du sulfate de cuivre en perchlorure ou en protochlorure suivant la température; elle peut chlorurer aussi une portion de l'oxyde formé, mais elle doit certainement occasionner une perte notable de métal, si l'opération se prolonge, à une température trop élevée; on ne saurait atteindre, en tout cas, qu'une fraction relativement minime de l'oxyde de cuivre qu'on peut se proposer de convertir en chlorure.

Cet emploi du sel marin, dans la préparation du magistral, n'existe qu'à Guanajuato; ceux qui en font usage assurent qu'ils en retirent de grands avantages; cependant leur pratique ne s'est pas généralisée; je ne saurais d'ailleurs dire ce qu'elle peut avoir d'utile dans les réactions de l'amalgamation, car je n'ai pas eu l'occasion de suivre le traitement de minerais d'argent avec du magistral ainsi chloruré.

Le prix de revient du magistral peut s'établir d'après les données suivantes, relevées dans deux usines, l'une à Zacatecas, l'autre à Guanajuato :

1° *Magistral, qualité ordinaire, préparé à l'usine Bernardez à Zacatecas :*

Dépenses pour 952,53 charges.

	piastres.
Achat de mine crue à 3,5 piastres les 300 livres. .	3.452,10
Broyage et porphyrisation.	502,20
Bois pour grillage à 0p,75 les 300 livres.	649,62
Main-d'œuvre pour le grillage.	321,32
Total piastres.	4.925,24

Ces dépenses ont préparé 952,53 charges, soit 131.449 kilogrammes, ce qui donne en francs :

Prix de revient en francs de 100 kilogrammes de magistral à Zacatecas.

	francs.
Achat de mine crue.	14,18
Broyage.	2,07
Combustible grillage.	2,66
Main-d'œuvre grillage.	1,31
Total.	20,22

2° *Magistral, première qualité, préparé à l'usine San-Juan, à Guanajuato.*

Dépenses pour 6.443 arrobes.

	piastres.
Achat de minerai de cuivre.	5.536,86
Broyage et porphyrisation.	498,74
Grillage, bois à 0p,744 les 300 livres. . . .	542,57
Grillage, main-d'œuvre.	372,74
Divers.	52,25
Total.	7.003,16

Ces dépenses faites pour 6.443 arrobes, soit 74.095 kilogrammes, donnent en francs et pour 100 kilogrammes.

Prix de revient d'un magistral, de première qualité, à Guanajuato, pour 100 kilogrammes.

	francs.
Achat de minerai de cuivre	40,34
Broyage et porphyrisation	3,64
Grillage combustible	3,96
Grillage main-d'œuvre	2,71
Divers	0,37
Total	51,02

Cette différence qui existe entre les prix de Guanajuato et de Zacatecas, tient d'abord à la plus grande richesse des minerais portés dans le premier de ces districts, à de plus grands frais de transport par suite de sa plus grande distance, et au travail plus soigné qui distingue ces usines.

En rapprochant ces prix de la teneur en sulfate donnée ci-dessus pour le magistral ordinaire, on peut déterminer ce que doivent dépenser les usines pour 100 kilogrammes de sulfate pur contenu dans le magistral. On a ainsi :

	francs.
Prix payé à Zacatecas, pour 100 kilogrammes de sulfate de cuivre, à l'état de magistral	223,99
Prix à Guanajuato, pour 100 kilogrammes de sulfate contenu, dans le magistral	268,57

Ces chiffres suffisent pour montrer quels avantages il y aurait à renoncer à cet emploi d'un réactif qui renferme de 81 à 95 p. 100 de matières inertes, qui est livré aux ateliers d'amalgamation avec une composition tous les jours variable, soit par suite des différences dans la composition des minerais primitifs, soit par suite des variations dans le travail du grillage, et à lui substituer le sulfate de cuivre pur, qu'il serait facile de préparer sur les gisements mêmes des minerais de cuivre, et de transporter ensuite, avec des frais bien moindres, jusqu'aux usines à argent.

L'emploi du sulfate de cuivre pur est bien connu dans la pratique, et ses avantages partout bien constatés ; le sel que produisent les ateliers de séparation de l'or dans les

hôtels de monnaies de Mexico, de Guanajuato et de Durango, est immédiatement employé par les usines voisines, qui le payent, pris sur place, de 165 à 175 francs les 100 kilogrammes; mais la grande majorité des usines du pays en reste privée et doit recourir au magistral ordinaire.

Un fait qui me reste à signaler, dans ce qui regarde le magistral, est la présence de l'argent dans la plupart des minerais de cuivre qui servent à le préparer.

Les essais suivants qui établissent cette présence, ont été faits sur les minerais des principaux gisements avant et après grillage, avec des échantillons moyens prélevés sur les minerais broyés :

		gramm.
I.	Tepezala. Minerai cru, première qualité, broyé à l'usine San Juan à Guanajuato, teneur aux 100 kilogrammes de minerai cru. . . . . argent. . .	49
II.	Tepezala. Minerai grillé, magistral qualité moyenne de l'usine Begona à Zacatecas, teneur aux 100 kilogrammes de minerai grillé. . . . . argent. . .	25
III.	Zimapam. Minerai de Chalmas, fournissant les usines de Atotonilco et Real-del-Monte, teneur aux 100 kilogrammes de minerai cru. . . . . argent. . .	12
IV.	Tasco. Mine Babylonia, pyrites riches en cuivre panaché ayant servi à la préparation du magistral, teneur aux 100 kilogrammes de minerai cru. . . argent. . .	10

Si maintenant on observe que le minerai de cuivre est, dans presque toutes les usines, broyé et desséché en présence d'eaux fortement salées, que quelquefois on ajoute du sel dans le four de grillage, on devra conclure que le magistral employé dans la plupart des cas est un véritable minerai argentifère qui a été soumis à un grillage chlorurant à la température du rouge. Il sera nécessaire de tenir compte de cette observation, pour l'étude théorique des réactions du *Patio*.

Combustible. Le Mexique est un pays pauvre en forêts, et ce qu'il en renferme est très-inégalement réparti sur sa surface; lorsqu'on y aborde soit du côté du Golfe, soit du

côté de la mer Pacifique, et qu'on pénètre à l'intérieur par les chemins de Vera-Cruz ou de Tampico, de Tepic ou de Mazatlan, le sol se présente couvert d'une végétation puissante qui, de la base à leur sommet, recouvre toutes les pentes des cordillères. La contrée semble alors d'une admirable fertilité. Mais, dès qu'on arrive sur les hauts plateaux (altitude 2.300 mètres), cette énergie de la vie végétale semble disparaître, la terre apparaît nue, et l'on trouve les plus grandes villes souvent entourées de la plus complète stérilité; les collines qui dominent Guanajuato, le soulèvement de Zacatecas, la plaine du Fresnillo, le massif de Catorce, ne portent pas un arbrisseau, et toutes les vastes plaines du nord, de Durango au Saltillo, de San-Luis à Aguas-Calientes, ne laissent à l'esprit de celui qui les a parcourues, que le souvenir d'un sol aride où la rencontre d'une vallée peuplée d'arbres est une véritable rareté.

La végétation reprend ensuite sur les pentes des montagnes qui se surélèvent au-dessus de ces plaines.

Les montagnes du Rio-Frio (altitude 3.300 mètres) entre Puebla et Mexico, celles de Las Cruces (2.950 mètres), entre Mexico et Toluca, sont couvertes de sapins, et alimentent de bois et de charbon les grandes villes qui sont à leur pied. La chaîne de Réal del Monte à Atotonilco (2.800 mètres) est couverte de bois qui, par les machines à vapeur de Pachuca, ont sauvé ce district. Les montagnes de Léon à Guanajuato dont le *cerro de los llanitos* est le centre (3.360 mètres) sont aussi couvertes de sapins et depuis longtemps font face aux besoins des mines de Guanajuato; *la Sierra hermosa* dans l'état de San-Luis porte aussi de belles forêts, seule ressource où l'on puisse de plus de 50 lieues de distance, venir trouver une pièce de charpente. Malheureusement ces massifs boisés sont fort rares et partout le prix du combustible est très-élevé.

Ces prix dépendent, pour un lieu donné, autant des moyens de communication et de l'importance des popula-

tions agricoles voisines, que de l'abondance absolue du combustible. Ces circonstances sont très-variables et peuvent difficilement être résumées ; je me bornerai donc à indiquer, dans le tableau suivant, quels sont, pour divers points du territoire, les prix du bois débité en bûches, et rendu aux usines, demi-vert, deux mois après la coupe.

Parmi les districts que j'ai cités dans le tableau suivant, deux seulement, Pachuca et Fresnillo font une consommation considérable de combustible ; pour le premier, la dépense annuelle, pour le bois, atteint la somme de 1.500.000 francs, et arrive à 850.000 pour le second. A Pachuca la compagnie s'est rendue propriétaire de la presque totalité des bois avoisinants ; elle les exploite elle-même, les coupes sont à peu de distance des machines et des usines, le prix de revient indiqué peut être considéré comme le prix le plus favorable qu'on puisse espérer au Mexique, dans le cas d'une grande consommation. Au Fresnillo les mines n'ont pas de propriété forestière ; les bois sont coupés et apportés par les populations agricoles voisines, la distance d'où on les tire dépasse pour certains points 20 à 25 lieues ; les prix du Fresnillo peuvent être considérés comme la limite qu'atteindrait rapidement le prix du combustible, sur la plupart des districts du haut plateau, si la consommation venait à y prendre une grande importance.

Prix du bois à brûler dans les principaux districts des mines du Mexique.

NOMS des districts.	POIDS ou mesures locales.	PRIX en piastres.	PRIX en francs et par tonne.	OBSERVATIONS.
		piast.	fr.	
Pachuca	283.879 carg.	107.350	14,79	Chêne et mimosa.
Pachuca	185.551 arr.	98.104	20,68	»
Fresnillo.	12 arrobes.	0,87	34,04	»
Zacatecas	12 —	0,75	29,34	Chêne et mimosa, vient de 20 à 25 l.
Guanajuato . . .	12 —	0,744	29,10	Chêne et sapin.
Sombrerete . . .	12 —	5/8	24,45	Chêne et sapin, à dos de mulet.
Durango.	80 —	6,00	35,22	Mimosa, chars à bœufs.
Guanacevi. . . .	10 —	2/8	11,14	Bois abondant, population rare.
San Luis Potosi.	10 —	3/8	17,60	Troncs et palmiers, mauvais bois.
Charcas.	12 —	3/8	14,67	Troncs d'agaves et de palmiers.
Matehuala	4 —	5/32	18,34	Palmiers et yuccas.
Catorce.	18 —	5/8	16,30	Palmier.
Atotonilco. . . .	12 —	2/8	9,78	Bois très-abondant, région peuplée
Temascaltepec. .	4 —	1/8	14,67	Bois abondant, peu de population.

Outre les essences de chêne, mimosa, etc., auxquelles se rapportent ces indications, les usines emploient encore des bois à très-longue flamme, fournis par des pins d'espèce très-résineuse, connus dans le pays sous le nom d'*ocote;* ces bois servent à la fusion des barres d'argent, et quelquefois à l'éclairage des ateliers; ils arrivent débités en bûches minces et tout à fait secs, ils valent :

58f,65 la tonne à Pachuca
107,60 id. à Guanajuato
117,55 id. Zacatecas et Fresnillo.

Charbon de bois. — Le charbon de bois est, proportionnellement, bien moins cher au Mexique que le bois proprement dit. Cela tient à ce que la valeur première de ces produits aux lieux même de production est très-faible, par rapport aux frais de transport qu'ils ont ensuite à supporter. Mais plus encore que pour le bois, les prix indiqués ci-dessous doivent être considérés comme des minima qui seraient rapidement dépassés, si la consommation venait à croître beaucoup.

Prix du charbon de bois sur les principaux districts de mines.

NOMS des localités.	POIDS ou mesures locales.	PRIX en piastres.	PRIX en francs et par tonne.	OBSERVATIONS.
	arrobes.	piastres.	fr.	
Pachuca	561.459	67.679	56,60	Prix de revient des exploitations sur les forêts de la compagnie des mines.
Fresnillo.	1	3/16	88,03	
Zacatecas	1	3/16	88,03	(1)
Guanajuato . . .	1	$5/24 = 1^{real} 2/3$	97,87	Transports à dos de mulets.
Durango	1	$6/40 = 1^{real} 1/5$	70,43	— par charrues.
Sombrerete . . .	12	10/8	48,91	— —
San Luis Potosi.	1	1/8	58,69	— à dos de mulets.
Charcas.	1	1/8	58,69	— —
Catorce.	1	5/32	73,36	— —
Atotonilco. . . .	12	1,00	39,13	Bois très-abondants et voisins.
Temascaltepec. .	12	1,00	39,13	— —

(1) Le charbon de bois est le seul combustible de l'économie domestique dans toutes les villes du Mexique; c'est la cause du prix élevé paye par les usines situées à Fresnillo, Zacatecas, Durango, Guanajuato, villes populeuses de 10, 15 et 64.000 habitants.

§ 3. — MAIN-D'ŒUVRE ET SURVEILLANCE.

Main-d'œuvre dans les usines. — Un fait bien digne de remarque, à part les défauts des méthodes employées, est la bonne administration des usines mexicaines, la division nette du travail qu'une longue pratique y a établie, l'ordre et la police sévère qui y règnent, surtout si on les compare au désordre et à l'esprit d'aventure que l'on trouve dans la conduite des travaux souterrains.

Le cadre du personnel, administration et travaux techniques, est partout à peu près le même; l'effectif seul varie, d'une usine à l'autre, ainsi que l'importance des soldes qui leur sont attribués; ces soldes sont, d'ailleurs, toujours fort élevées ; je citerai comme exemple l'usine du Fresnillo.

Personnel et main-d'œuvre au Fresnillo.

DÉSIGNATION DES EMPLOIS.		SOLDES par semaine en piastres.	SOLDES par jour en francs.
Administration.	Administrador.	45	40,50
	Ensayador (essayeur de minerais, supprimé).	40	36,00
	Escribiente (comptable).	25	22,50
	Rayador (contre-maître des présences).	20	18,00
	Recibidor (garde-magasin).	12	10,80
Travaux techniques, contre-maîtres.	Azoguero (maître amalgameur).	35	31,50
	Ayudante (aide d'amalgamation). . . .	10	9,00
	Macero (chef de broyage).	20	18,00
	Tahonero (contre-maître porphyrisateur).	11	9,90
	Capitan de patio (chef des manœuvres).	8	7,20
	Guarda tina (garde au lavage d'amalgamation).	8	7,20
	Velador (garde consigne).	8	7,20
Main-d'œuvre.	Peones de patio (manœuvres, hommes faits).	»	4,00 à 5,40
	Id. (manœuvres, jeunes garçons).	»	1,35 à 2,7

Pour ce qui est des fonctions d'administrateur, de comptables, de la tenue des livres et des caisses, l'expérience semble avoir démontré que le mieux était de les confier à des personnes d'origine européenne, qu'un séjour suffisant au Mexique a familiarisées avec les habitudes commerciales du pays; il en est tout autrement pour ce qui concerne les travaux techniques de l'amalgamation. Quels que soient les efforts qui aient été faits pour donner l'explication théorique des réactions du patio, on n'a pas encore pu formuler de règles précises et sûres pour la conduite des opérations, la tradition pratique des *azogueros* du pays, contre-maîtres de l'amalgamation, est le seul guide auquel on puisse se confier.

Si l'on veut s'en tenir aux errements habituels des usines du pays, le cadre du personnel précédent suffit; et pour le remplir, on trouve facilement dans le pays des personnes habiles et sûres auxquelles ces emplois peuvent être confiés. Mais si une entreprise voulait se rendre un peu compte de ses profits possibles, et en tout cas de ses pertes réelles, par

une étude sérieuse de ses travaux, si elle voulait encore, comme on l'a fait avec un si grand succès au Fresnillo et à Réal-del-Monte, avoir d'autres moteurs, un autre outillage, que celui des usines indigènes, il lui faudrait appeler d'Europe le personnel nécessaire, et alors les soldes seraient nécessairement très-élevés; c'est ainsi que celui qui est attribué, au Fresnillo, aux mécaniciens conducteurs des machines est d'à peu près 100 francs par semaine.

Malgré cette élévation des salaires, les frais de main-d'œuvre restent une dépense peu importante pour les usines à argent qui emploient la méthode d'amalgamation américaine. L'usine du Fresnillo, par exemple, occupe 415 personnes environ, pour l'administration de l'entreprise entière, le transport des minerais à l'usine, et le traitement métallurgique complet; avec ce personnel, elle travaille une moyenne annuelle de 48.000 tonnes, ce qui donne, par tonne, une dépense de 2,59 journées de travail, résultat certainnement très-remarquable.

§ 4. — Moyens de transport.

Moyens de transport. Les moyens de transport disponibles au Mexique sont : les mules de bât, les chars à bœufs, et les chariots à mules à deux ou quatre roues.

Les mules de bât reçoivent une charge, presque partout uniforme de 300 livres, 138 kilogrammes; pour des animaux de choix, cette charge peut atteindre 16 arrobes, 184 kilogrammes. Mais cette limite ne peut pas être dépassée. La distance parcourue peut atteindre 10 lieues par jour, 42 kilomètres, si le transit est court, mais s'il faut parcourir plus de 100 lieues, on ne peut pas compter sur une vitesse moyenne de plus de 6 lieues, 25 kilomètres par jour. Pour suffire à ce travail sans dépérir, la mule doit recevoir pour son alimentation journalière, 1 kilogramme $\frac{1}{4}$ de grain de maïs, et 8 kilogrammes de fourrage : dans ces

conditions elle peut marcher plusieurs mois, et franchir les plus mauvais chemins. L'emploi des mules suppose donc que la route à parcourir est pourvue de maïs et fourrages ; or il existe dans les provinces de *Jalisco*, *Sinaloa*, *Sonora*, au milieu des Cordillères, et aussi en *Chihuahua*, *Cohahuila*, de vastes régions où ces ressources agricoles n'existent pas ; il faut alors, si on veut traverser ces pays, avoir recours à des baudets qui peuvent s'alimenter par la simple pâture; leur charge peut atteindre 90 kilogrammes, et leur vitesse 16 à 20 kilomètres par jour.

Les prix des transports, à dos de mules, varient suivant la richesse agricole de la contrée traversée, et suivant le nombre de mules disponibles dans cette contrée. Les indications suivantes, qui se rapportent aux trois chemins muletiers principaux du Mexique, et aux trois centres de mines les plus importants employant des mules de bât, réunissent les cas qui peuvent se présenter.

Prix des transports à dos de mulet au Mexique.

LIEUX DESSERVIS. — Points extrêmes.	Distances parcourues.	POIDS trans-porté.	PRIX. — Piastres.	PRIX par tonne et par lieue. — Francs.	OBSERVATIONS.
	lieues.	arrobes.	piastres.	francs.	
Mazatlan. Durango. . .	90	12	14	6,08	Région déserte.
Tampico. San Luis. . .	104	16	16	4,51	Région fievreuse.
San-Luis. Guanajuato.	51	12	5	3,84	Région fertile saine.
Fresnillo. Mines, usine.	1,4	80.716	3.836	7,44	(1)
Zacatecas. Mine, usine.	1,30	77.326	16.915	6,44	(1)
Mines de Catorce au Cedral.	5	12	7/16	3,42	Mules nourries au pâturage.
Guanajuato. Villachueta.	26	12	18/8	3,39	Région fertile.

(1) Ces hauts prix proviennent de la perte de temps qu'entraîne le retour à vide des mules, très-souvent répété à cause de la distance.

Les chars à bœufs ne sont que d'une assez médiocre ressource, tant à cause de la grossière construction des véhi-

cules, qu'à raison de l'extrême lenteur des attelages. Ces chars sont ordinairement traînés par trois paires de bœufs; ils portent de quatorze à seize charges, environ 2 tonnes, et ne font guère que trois lieues par jour; mais leurs frais sont minimes, et ne s'élèvent guère, pour la solde des conducteurs et la nourriture des animaux, qu'à une demi-piastre par jour, ce qui fait ressortir le prix de transport à $0^f,45$ par tonne et par lieue, chiffre bien minime au Mexique. Ces chars, utilisés sur les exploitations pour les charrois de sel, de magistral, de bois, etc., ne peuvent pas convenir pour des distances supérieures à 25 lieues; leurs attelages ne résistent pas à de longs voyages, mais ils peuvent aussi s'engager dans les plus mauvais chemins.

Les véritables moyens de transport, au Mexique, sont les chars à mules, à deux ou quatre roues.

Les chars à deux roues prennent trois mules d'attelage; ils exigent chacun un conducteur et ne chargent guère que 85 à 90 arrobes, une tonne environ, poids qui est à très-peu près aussi celui du véhicule; leur emploi n'est donc pas avantageux.

Les chariots à quatre roues, avec avant-train mobile sous le tablier, sont les véhicules des grands transports; leurs roues sont larges de 14 à 17 centimètres, ils attèlent de six à dix-huit mules et quel que soit le nombre de ces mules, ne prennent jamais qu'un seul conducteur.

				arrobes.	kilog.
Attelés à	6 mules,	ces chariots chargent. . .		168. . . .	1.932
id.	8 id.	id.	. . .	260. . . .	3.036
id.	10 id.	id.	. . .	350. . . .	4.025
id.	12 id.	id.	. . .	400. . . .	4.600
id.	16 id.	id.	. . .	600. . . .	6.900
id.	18 id.	id.	. . .	750. . . .	8.625

Ce dernier poids ne peut guère être dépassé ; du reste, ces charges de 6 à 8 tonnes sont tout à fait exceptionnelles; la charge ordinaire est de 3 tonnes avec huit mules, et dans

ces conditions la vitesse est d'environ 8 lieues par jour.

Les prix des transports ainsi faits sont très-différents, suivant qu'il s'agit de convois ayant fret en retour, ou qu'il s'agit, au contraire, de convois spéciaux, organisés en dehors de cette garantie ; ils diffèrent, aussi, dans le cas de marchandises facilement maniables et dans celui de poids indivisibles considérables qui peuvent rendre très-grave le moindre accident de route. Le tableau suivant indique ces différences.

Prix des transports par chariots à mules.

ROUTES SUIVIES. — Points extrêmes.	DISTANCES parcourues.	POIDS transportés.	PRIX en francs. — Piastres par tonne.	PRIX en francs par tonne et par lieue.	Observations.
	lieues.	arrobes.			
Durango. Zacatecas.	72	12	6,00	2,26	
Durango. Mexico.	228	12	18,00	3,08	
Vera Crux. Mexico..	100	»	»	9,80	(1)
Vera Crux. Fresnillo	263	1	7,00	12,48	(2)

(1) Prix payé par l'entreprise des transports, à la suite des colonnes expéditionnaires françaises, au Mexique.

(2) Prix payé pour les pièces indivisibles des machines du Fresnillo d'un poids de 6 à 7.000 kilogrammes.

Ces prix de 10 et 12 francs, par tonne et par lieue, rapprochés des grandes distances qu'il faut parcourir de la mer jusqu'aux mines, et appliqués aux poids d'un matériel important, conduisent à des sommes très-élevées qui ont toujours pesé lourdement sur les frais de premier établissement des entreprises de mines, au Mexique. Au Fresnillo, par exemple, le cylindre moteur de chacune des machines qui y existe a coûté 25.000 francs de transport de la Vera-Cruz aux mines. A Pachuca, le désembarquement et le fret à terre de la machine (puits San Nicolas) et de ses pompes d'épuisement ont causé une dépense de 250.000 francs. Ce mauvais état des chemins du Mexique, est l'un des plus grands obstacles au développement immédiat de son industrie.

CHAPITRE II.

Traitement métallurgique des minerais.

---

§ 1. — Livraison et vente des minerais.

Les minerais, au sortir de la mine, appartiennent, partie aux ouvriers, partie au maître de l'exploitation. Quelques grandes compagnies, seulement, se réservent la totalité de leur extraction, en payant leur main-d'œuvre soit à journées, soit à prix fait en argent.

Dans les exploitations en participation aux produits, les ouvriers doivent le plus souvent livrer le minerai prêt pour le travail métallurgique; ils travaillent alors, par groupes associés, les uns à l'abatage et au roulage intérieur, les autres, sur les haldes, à casser et trier le minerai extrait à leur compte. Le jour de la liquidation du minerai arrivé, tous les ouvriers se réunissent; chaque association divise son lot en 2, 3, 4, etc. tas aussi égaux que possible, suivant que le travail se fait à 1/2, 1/3, 1/4 etc. de participation, puis le régisseur de ces mines arrive, choisit les tas qui lui reviennent, les ouvriers les emportent aux haldes de dépôt, puis ils disposent des parts qui leur appartiennent.

Les ouvriers n'ont jamais d'usine collective, ils vendent leurs minerais ou les font traiter à façon; la mine, au contraire, pour peu qu'elle soit importante, a toujours son usine.

Livraison des minerais. La livraison des minerais d'une mine à une usine faisant partie de la même entreprise n'aurait rien de saillant à noter, si ce n'était la pratique, fort répandue, qu'ont les regisseurs des mines, d'expédier aux usines un poids de minerai supérieur à celui qu'ils inscrivent.

Cette pratique dérive quelquefois d'une entente entre les

comptables des mines et les chefs d'amalgamation dans les usines, ces derniers s'assurant ainsi un meilleur rendement apparent de leurs opérations; c'est quelquefois une fraude au préjudice de l'entrepreneur des transports; ailleurs c'est une sorte de tradition connue et acceptée ; je l'ai observée sur un grand nombre d'exploitations, et, quelquefois tellement exagérée, comme à la mine du Rosario à Pachuca, qu'elle rend véritablement illusoire tout compte de minerai dans le travail des usines, et doit faire condamner comme mauvais des résultats de traitement qui, au premier abord, auraient pu paraître satisfaisants.

Je préciserai, par un exemple pris sur une exploitation, où cette espèce de supplément de minerai ainsi passé aux mines, était extrêmement réduit.

A la mine de Quebradillas, près Zacatecas, l'expédition des minerais se fait, à dos de mule, dans des sacs d'aloès; chaque sac s'expédie avec un poids brut de 6 arrobes, 10 livres, d'après une moyenne souvent établie, chaque sac et ses cordes pèse 6 livres; la charge d'une mule, comprenant deux sacs pareils apporte, à l'usine un poids net de 12 arrobes, 8 livres, $141^{k},7$, elle est inscrite pour 12 arrobes; 138 kilogrammes.

Dans cet exemple où cet excès de minerai expédié par la mine *était* fixé au plus bas, l'usine profitait d'une surcharge de 2,7 p. 100 environ, ses pertes apparentes étaient réduites dans le même rapport; fait à noter quand on veut apprécier le mérite réel des traitements métallurgiques employés.

Vente des minerais. — Sur beaucoup d'exploitations, la vente des minerais se fait encore aux enchères secrètes, sans essai ni pesage. Au jour fixé pour la vente, les acheteurs des usines (*rescatadores*) arrivent aux mines; ils y trouvent les ouvriers réunis autour de leurs minerais dressés avec le plus grand art ; ils estiment à vue le poids et la teneur des divers lots, et font leurs offres. Le meilleur enchérisseur

l'emporte; les minerais sont immédiatement enlevés et payés sous les huit jours.

Ce mode d'achat, pour habiles que soient les *rescatadores*, conduit souvent à de très-gros mécomptes, surtout pour des minerais à haute teneur (*); aussi est-il abandonné partout où il est possible de faire l'essai des minerais. On prend alors, pour base de leur évaluation, leur teneur absolue en or et en argent, et l'on fixe leur valeur commerciale par l'application d'un tarif établi par la pratique dans chaque district, et qui tient compte des frais de traitement, des pertes en métaux, et des bénéfices nécessaires aux usines. Je citerai deux exemples de ces tarifs, l'un pris à Guanajuato, applicable aux minerais réductibles par l'amalgamation du patio, l'autre pris à l'usine de los Arcos, et qui se rapporte aux minerais qui doivent être traités par la fonte.

Tarifs des minerais à amalgamer à Guanajuato.— Lorsqu'une mine a du minerai à vendre, elle prévient les usines qui peuvent avoir intérêt à concourir. On sépare du lot mis en vente une ou deux tonnes qu'on fait passer sous un bocard, pour en faire un sable grossier. Le bocardage achevé, un manœuvre puise le minerai à la pelle, pendant que deux aides, à chaque pelletée jetée, en saisissent à la main ce qu'ils peuvent retenir. Le minerai ainsi séparé sert pour les prises d'essai. Ces essais se font par scorification suivant la méthode ordinaire.

Les teneurs s'expriment, pour l'argent, en marcs de métal contenus au monton de 32 quintaux, 230 grammes aux 1.472 kilogrammes; elles s'inscrivent, par nombres croissants de demi-marc en demi-marc (7 grammes 1/2 en 7 grammes 1/2, pour 100 kilogrammes); pour l'or, on donne les grains d'or au marc d'argent, et les titres s'in-

(*) A la Lux, près Guanajuato, mine Santa Lucia, il m'a été cité le fait d'un lot de minerai adjugé à ces enchères pour la somme de 175.000 francs et sur lequel l'usine perdit 80.000 francs.

diquent par quantités croissantes de 10 en 10 grains, de 2 millièmes en 2 millièmes à peu près.

Les teneurs étant ainsi déterminées, la valeur du minerai se calcule par les règles suivantes :

Pour l'argent d'abord, de la teneur du minerai exprimée en marcs, on retranche :

4 marcs,	si la teneur est comprise	entre 0	et 10	marcs.
$4\frac{1}{2}$ id.	id.	entre 10	et 15	id.
5 id.	id.	entre 15	et au delà.	

Le reste obtenu est multiplié par :

$\frac{6}{8}$ pour des teneurs comprises entre. . . 0 et 30 marcs.
$\frac{5\frac{3}{4}}{8}$ pour des teneurs de. . . . . 30 et au delà,

Le produit qui résulte exprime, en piastres, la valeur d'une charge (138 kilogrammes) du minerai proposé.

Pour montrer la signification de ces règles pratiques, il suffit d'établir la valeur qu'elles assignent au kilogramme d'argent contenu, pour chaque teneur de minerai ; c'est ce que j'ai indiqué dans le tableau suivant. On peut déjà observer que pour une teneur égale ou inférieure à quatre marcs au monton (62 grammes $\frac{1}{2}$ aux 100 kilogrammes), la valeur du minerai est nulle ; les usines de Guanajuato rejettent des minerais aussi pauvres, nous verrons, en effet, par la suite, que dans les années de grande cherté de fourrages, cette teneur de 62 grammes d'argent aux 100 kilogrammes de minerai serait insuffisante pour couvrir les frais du traitement.

Prix des minerais, à Guanajuato, pour un kilogramme d'argent contenu.

TENEUR des minerais en marcs au monton.	TENEUR des minerais en grammes p. 100 kilog.	PRIX pour 1 kilogramme d'argent contenu en francs.	OBSERVATIONS.
marcs.	grammes.	francs.	Pour des teneurs supérieures à 30 marcs, la valeur (x) du kilogramme d'argent est donnée par la relation $x = 154^{f},24 \left(1 - \frac{5}{m}\right)$ dans laquelle m est la teneur en marcs. Quelle que soit la richesse du minerai, le métal contenu est donc toujours payé à un prix très-bas.
4	62,50	00,06	
5	78,12	32,19	
6	93,75	53,67	
7	109,37	68,99	
8	125,00	80,49	
9	140,00	89,43	
10	156,25	96,59	
11	171,87	95,13	
12	187,50	100,61	
13	203,12	105,12	
14	218,75	109,15	
15	234,37	112,53	
16	250,00	110,60	
17	265,62	113,33	
18	281,25	115,91	
19	296,87	118,48	
20	312,50	120,74	
25	390,62	128,79	
30	468,75	134,15	
35	546,87	132,22	
40	625,00	134,99	
50	781,25	138,85	

On voit que l'augmentation du prix attribué à l'argent croît très-lentement, par rapport à l'augmentation de la teneur des minerais. Cela tient, d'abord, à ce que les dépenses en réactifs, sel, magistral, mercure, augmentent avec la richesse du minerai, et ensuite à ce que pour des minerais très-riches contenant du sulfure d'argent en nodules disséminés massifs, le traitement par le patio devient très-incertain et peut conduire à des pertes très-rapidement croissantes.

Or contenu. Pour déterminer la valeur des minerais afférente à l'or, on suit la règle suivante : si le titre est inférieur à 100 grains, on en retranche d'abord 15, puis on paye le reste à raison de 10 réales par 100 grains et par marc ; si le titre est supérieur, on ne retranche rien, et l'on paye toujours 10 réales par 100 grains et par marc ; or d'après le rapport de l'or et de l'argent, comme valeur monétaire au Mexique, 100 grains de titre par marc valent à

très-peu près 25 réales ; on en paye 10, soit moins de la moitié : c'est qu'en effet, il est a peu près démontré que les pertes en or par l'amalgamation du patio ne s'élèvent pas à moins de 50 p. 100 de la quantité accusée par les essais.

Tarifs des minerais à traiter par la fonte, usine de los Arcos. L'usine de los Arcos, que je prends pour exemple, traite des minerais plombeux de *Tasco*, *Sultepec*, *Zacualpam*, et les fond après grillage en tas, avec des arsénio-sulfures d'argent et des cuivres gris très-riches qui viennent de *Tepantillan*, *Espiritu-Santo*, *Nanchititla*, etc. l'argent seul est utilisé. Les minerais plombeux sont abondants et peu éloignés.

L'usine achète les minerais rendus au pied des fours, elle en fait broyer un poids suffisant pour pouvoir obtenir un échantillon moyen ; les essais se font par scorification ; les vendeurs acceptent le titre donné par l'essayeur de l'usine.

Ces minerais arsénio-sulfurés d'argent, les cuivre gris, et les galènes ne contiennent pas d'or ; la valeur de l'argent est seule à déterminer.

La teneur du minerai s'exprime ici en marcs d'argent contenus dans une charge de 300 livres. Si cette teneur est égale ou inférieure à 4 onces par charge, 83 grammes aux 100 kilogrammes, l'usine rejette les minerais comme trop pauvres. Si elle dépasse ce chiffre, on en retranche d'abord 1 dixième, puis si elle est comprise :

	piastres.
Entre 1/2 et 2 marcs on prélève........	3
Entre 2 et 3 id.............	4
Entre 3 et 4 id.............	5
....	
Entre 8 et 10 id............	10
Entre 10 et au delà on prélève.........	16

par charge, et l'on paye enfin l'argent contenu, à raison de 7 piastres $\frac{1}{2}$ le marc.

Ces divers tarifs assignent à chaque kilogramme d'argent contenu, les prix indiqués dans le tableau suivant :

Prix des minerais destinés à la fonte, pour un kilogramme d'argent contenu. — Usine de los Arcos.

TENEUR des minerais. — Marcs contenus par charge.	TENEUR des minerais en grammes pour 100 kilogrammes.	PRIX des minerais pour 1 kilogramme d'argent contenu (francs).	OBSERVATIONS.
	grammes.	francs.	
1	166,66	88,06	Pour des teneurs supérieures à 12 marcs, le prix est donné par la relation $x = 158^f,47 - 23,47 \frac{12}{m}$ dans laquelle m est la teneur en marcs par charge.
2	333,33	121,27	
3	500,00	127,00	
4	666.66	129,47	
5	833,33	130,35	
6	1.000,00	131,09	
7	1.166,66	131,65	
8	1.333,33	132,07	
9	1.500,00	132,47	
10	1.666,66	135,00	
20	3.333,33	144,39	

Les tarifs des minerais propres à l'amalgamation, et celui des minerais qu'il faut soumettre à la fonte, si différents en apparence, conduisent, comme on le voit, à peu près aux mêmes prix, ils exigent l'un et l'autre pour les minerais admis au traitement une teneur déjà élevée, et pour les minerais les plus riches, ils ne payent guère l'argent contenu qu'aux deux tiers de sa valeur.

Travail à façon des minerais. Les exploitations réalisent encore leurs minerais en les faisant traiter, à façon, par les usines voisines.

Les conventions à intervenir, à ce sujet, entre les mineurs et les maîtres d'usines étaient autrefois réglées par des dispositions précises du Code des Mines. Tous les ans, le juge en matière de mines convoquait les députés élus par les propriétaires des mines et des usines du district, et, de concert avec eux, fixait le prix que devait avoir dans l'année courante, le traitement du quintal de minerai. Ce prix s'établissait d'après les éléments bien connus du travail, en surélevant de 12 p. 100 le prix des grains et fourrages, sel et magistral, combustible, fondants, etc., nécessaires à la réduction des minerais, soit par la fonte, soit par l'amal-

gamation; le mercure seul était excepté, son prix, invariable pour tous à Mexico, devait être compté au mineur, à son prix de revient pour le district. Cette décision du tribunal des mines était sans appel.

Les ordonnances royales sur les mines ont disparu du Mexique, avec l'indépendance des Colonies, mais les traditions restent, les usines font encore leurs écritures en surélevant de 12 à 18 p. 100 leurs comptes de matières, et le prix du travail des minerais se règle encore d'après les anciennes coutumes : mais il n'y a plus la sanction légale.

Tous les ans, de convention plus ou moins explicite, les usines fixent ce que dans tout le pays on appelle la *Maquila*, soit le prix de réduction d'un poids donné de minerai. A Guanajuato, par exemple, durant ces dernières années où les fourrages étaient à un prix très-élevé, la *Maquila* était fixée à 30 piastres le monton, 110 francs la tonne. Moyennant ce prix, l'usine se charge du broyage et de toute dépense de main-d'œuvre nécessaire au travail des minerais ; elle fournit 2 ½ p. 100 de sel marin et fait les frais de 14 repassages des boues métalliques sous les pieds des chevaux. La dépense du mercure, la dépense supplémentaire de sel marin si elle devient nécessaire; la consommation du cuivre métallique s'il a fallu le faire intervenir, sont portées en charge au minerai. Nous verrons par la suite quels énormes bénéfices les usines arrivent à s'attribuer par toutes ces conventions.

Ce prix de la *Maquila* autrefois fort important à discuter, alors qu'une réglementation sévère en assurait la stricte exécution, a perdu toute signification aujourd'hui que mines et usines sont libres dans leurs transactions.

Dans les districts où la production des minerais l'emporte sur la puissance de travail des usines, la *Maquila* est encore en usage, les usines se coalisent, font payer fort cher au mineur, et réalisent toutes de très-gros bénéfices; dans les districts au contraire, à Guanajuato par exemple, où l'extrac-

tion des mines ne suffit plus à l'approvisionnement des usines, il n'y a plus de *maquila*, de taxe plus ou moins générale, le travail à façon a presque entièrement disparu, les usines vont aux enchères des minerais disponibles, basant leurs offres d'après les tarifs que j'ai précédemment indiqués, mais s'efforçant avant tout, d'assurer leurs approvisionnements, de prévenir par des sacrifices souvent considérables, un arrêt dans le travail, arrêt qui, avec les dépenses toujours courantes des écuries, deviendrait bien vite ruineux.

§ 2. — Des différents modes de traitement. — Composition correspondante des minerais.

Les méthodes de traitement employées au Mexique sont :

1° L'amalgamation à chaud, dans laquelle on réduit les minerais par le cuivre métallique, agissant en présence d'une dissolution de sel marin concentrée et bouillante ; c'est la *méthode du Cazo* (*).

2° L'amalgamation à froid ou *méthode du Patio* (**), dans laquelle les minerais cèdent leur argent, lorsque, réduits en boue fine et pâteuse, ils sont longtemps pétris et exposés à l'air, sous l'action simultanée du sel marin, du sulfate de cuivre et du mercure.

3° L'amalgamation en présence du fer dans des tonnes tournantes, après un grillage chlorurant à la température du rouge, ce qui est la reproduction de l'ancienne méthode d'amalgamation de Freyberg.

4° Enfin la fonte au four à cuve, en présence de matières plombeuses oxydées.

Le but de chacune de ces méthodes est l'extraction unique de l'or et de l'argent contenus, abstraction faite du cuivre, du plomb, du nickel, du cadmium, que les minerais peu-

(*) Cazo. Chaudron.

(**) Patio. Cour fermée, aire.

vent contenir. On peut observer qu'elles ne se composent que d'une seule opération, conduisant d'un côté à l'argent métallique, et de l'autre à des résidus le plus souvent rejetés comme stériles, de sorte que dans l'application de chacune d'elles, la réduction d'un minerai donné sera d'autant plus facile et plus exacte, que la teneur des minerais en corps nuisibles, soufre, arsenic, antimoine, sera moins élevée, ces corps n'étant pas expulsés par des opérations préliminaires.

Je ne pense pas qu'il ait été jamais fait au Mexique d'expériences comparatives suivies, pour déterminer la composition moyenne des minerais convenant le mieux à chacune de ces formules de traitement; ce qui suit ne doit donc être considéré que comme des indications générales, tirées de la pratique observée dans chaque district.

Minerais réductibles au Cazo.—Si les trois corps, soufre, antimoine, arsenic, manquent complétement dans le minerai, si, par conséquent, le métal est dans sa gangue à l'état natif, ou en combinaison avec le chlore, le brôme et l'iode, on pourra réduire complétement les minerais, en quelques heures, sans une trop grande consommation de mercure, et à peu de frais, par la méthode du *Cazo.* Mais si, en outre de ces combinaisons non sulfurées, l'argent existe encore en union avec le soufre ou l'antimoine, la méthode ne donnera plus que de mauvais résultats. Le sulfure d'argent simple ou complexe est, en effet, inattaquable par les réactions du *Cazo*, il passe en *entier* dans les résidus, et pour en extraire l'argent, si la teneur est suffisante, il faut recourir à l'une des méthodes qui suivent.

Minerais réductibles au patio. Les minerais qui peuvent se traiter par la méthode du *Patio*, ont toujours par rapport à l'argent une composition très-simple. Les mineurs mexicains les désignent par la qualification de *metales nobles*, minerais nobles.

Les espèces argentifères réductibles au *Patio*, par ordre

de réduction facile, sont : l'argent sulfuré ductile (Argyrose) ; l'argent antimonié sulfuré noir (Psaturose) ; l'argent antimonié sulfuré cuprifère (Polybasite), enfin certaines pyrites de fer et de cuivre, souvent fort riches en argent, difficiles à définir minéralogiquement, et qui peuvent s'oxyder lorsque imprégnées d'eau salée, elles restent longtemps exposées à l'air (*).

Au contraire, l'argent arsenical (mispickel argentifère), l'argent arséniosulfuré rouge (proustite), le ***chlorure***, le ***bromure***, l'***iodure d'argent*** (***Plata ceniza***, ***Plata verde***, des mineurs mexicains), les cuivres pyriteux, les tennantites argentifères, les bournonites, les blendes et les galènes doivent être éloignées du ***Patio***, car elles y sont irréductibles.

Si le minerai ne contient que des espèces argentifères

(*) L'argent sulfuré ductile, l'argent sulfuré noir fragile, l'argent rouge et la polybasite, sont les espèces qui enrichissent la *Veta-Madre* de Guanajuato, la *Veta de la Luz*, puissants filons, qui par le travail du patio, ont certainement livré plus de 1 milliard de francs d'argent.

Les pyrites cuivreuses riches en argent et dociles au patio ont été trouvées aux mines *Malanoche* et *Quebradillas ;* mais ces minerais sont une très-rare exception, les pyrites argentifères (*bronces* des mineurs), doivent généralement être considérées comme réfractaires au patio.

La proustite se trouve à *Veta grande* de Zacatecas, on la sépare autant que possible par le triage à la main, elle est plus abondante à Sombrerete et à Tepatitlan, où elle est traitée, soit par la fonte, soit par les tonnes.

Les tennantites souvent fort riches en argent de l'État de Guerrero ne sont exploitées qu'autant que la fonte peut être applicable aux circonstances locales.

Le bromure d'argent mêlé d'iodure se trouve en abondance dans les mines du Cerro de San Pedro Potosi. Les minerais y sont fondus ou traités par le cazo, la méthode du patio n'y est employée nulle part. Elle y est en quelque sorte inconnue.

Je n'ai pas eu l'occasion d'observer des minerais contenant avec quelque abondance de l'argent antimonial, des tellurures ou des séléniures d'argent. Je ne saurais dire ce que ces espèces deviennent dans le travail du patio.

dociles, sa réduction sera d'autant plus complète, que les sulfures seront disséminés dans les gangues en particules plus fines, en quelque sorte indiscernables.

Cette condition, toujours nécessaire pour un bon rendement, est surtout importante, si l'espèce argentifère dominante est le sulfure simple. La ductilité de cette espèce s'oppose à son exacte porphyrisation, elle se lamine sous les appareils de broyage lorsqu'elle existe dans les minerais en petits nodules massifs, et les lamelles qui en résultent ne peuvent être attaquées lors de l'amalgamation sur le patio que sur leur surface ; de là des pertes considérables. Aussi les *azogueros* redoutent-ils cette présence dans les minerais de rognons d'argent *noir ductile* (*molonques*), et s'efforce-t-on, sur les mines bien conduites, de les éliminer soit par le triage à la main, soit par le lavage des minerais broyés.

Une condition aussi fort importante, qu'on trouve toujours réalisée dans les minerais véritablement *nobles*, c'est de ne contenir qu'une très-minime proportion de sulfures, autres que ceux de l'argent. Fondus avec douze ou quinze parties de litharge, ces minerais ne donnent, en effet, que 1 partie 1/2, au plus, de plomb métallique, même pour des teneurs en argent très-élevées. Cette propriété est essentielle, elle pourrait en quelque sorte servir de caractère distinctif à ces minerais réellement propres à l'amalgamation mexicaine. Je citerai, donc, quelques exemples des résultats de ces fontes crues à la litharge de minerais pris sur les filons les plus *nobles* des principaux districts que l'on peut citer comme de véritables types de minerais de patio.

Proportion de plomb que réduisent à la fonte crue à la litharge les minerais susceptibles d'être bien amalgamés sur le patio.

NOMS DES DISTRICTS ET DES MINES.	ARGENT contenu. Grammes p. 100 kilogrammes.	PLOMB réduit par une partie de minerai.
	grammes.	
Real del Monte. Mine Vizcaina, minerai moyen. . .	104	0,46
Real del Monte. Mine Maravillas, minerai riche. . .	535	0,87
Guanajuato. Mine Valenciana, minerai moyen. . . .	150	0,53
Guanajuato. Mine La Luz, minerai riche.	1.650	0,45
Zacatecas. Mine El Bote, minerai très-riche.	5.780	0,57
Zacualpam. Mine la Canal, minerai moyen.	837	0,93

C'est dans cette grande simplicité de composition des minerais, jointe à leur grande abondance, qu'il faut surtout chercher les causes de cette puissante production d'argent, qui, à certaines époques, a caractérisé les mines mexicaines.

Aujourd'hui, ces minerais facilement réductibles sont devenus plus rares; les anciennes mines, de plus en plus profondes, ont produit des minerais de plus en plus chargés de sulfures métalliques, ou bien elles se sont épuisées et l'exploitation a dû se porter sur des minerais complexes jadis laissés de côté. La méthode d'amalgamation sur le Patio ne convient plus à ces nouveaux produits; on l'applique cependant, mais comme nous le verrons, pour certains districts, il faut alors perdre jusqu'à 35 p. 100 de l'argent contenu, et détruire 300 et 400 de mercure pour 100 d'argent retiré. Il est alors bien difficile que les exploitations puissent se poursuivre avec quelque bénéfice.

Méthode saxonne. L'amalgamation par le procédé de Freyberg est depuis longtemps connue au Mexique; cependant elle y est encore bien peu employée; cela tient, d'un côté, à l'insuffisance de la méthode appliquée aux minerais que le patio rejette, et, d'un autre côté, à la situation économique de la plupart des usines.

Les minerais d'argent résistent au patio, parce qu'ils con-

tiennent en combinaison avec l'espèce argentifère de l'arsenic, du cuivre, du zinc et du plomb; or on sait que la présence de ces mêmes métaux entraîne aussi dans l'amalgamation saxonne de très-fortes pertes en argent. Les deux méthodes viennent ainsi s'arrêter aux mêmes obstacles; le choix à faire entre elles est difficile à indiquer d'une façon générale.

En adoptant les tonnes pour traiter les minerais qui résistent au *Patio*, on ne pourra pas espérer d'extraire la totalité de l'argent; il faudra toujours s'attendre à des pertes très-fortes. On obtiendra bien une amélioration dans le rendement, une atténuation dans la perte du mercure, on supprimera aussi l'emploi du magistral, mais il faudra supporter des frais élevés de combustible, doubler au moins la dépense du sel, installer des tonnes d'amalgamation et, dans la très-grande généralité des cas, supporter de grands frais pour les mettre en mouvement par les mules; l'expérience seule pourra montrer en chaque lieu, l'importance de chacun de ces éléments de produits et de dépenses et établir le résultat final de perte ou de bénéfice.

Si les minerais sont pauvres, la comparaison entre l'une et l'autre méthode restera probablement favorable à celle du *Patio;* l'amélioration du rendement en argent ne deviendra prépondérante que pour des minerais un peu riches. Cependant, même dans ce cas, ce résultat favorable à l'amalgamation par les tonnes de Freyberg, ne sera pas toujours une raison déterminante pour leur emploi. Si les minerais sont, en effet, très-abondants, les usines en conservant la méthode du *Patio* pourront bien amoindrir le bénéfice rapporté à l'unité de poids de minerai traité, mais avec leur simple cour pavée pour tout appareil métallurgique qui leur permet de traiter facilement des milliers de tonnes par année (*), elles réali-

(*) L'usine du Fresnillo traite par le patio 48.000 tonnes de minerais par année.

seront un bénéfice annuel bien autrement considérable, que celui que pourrait obtenir, dans le même temps, une usine saxonne fondée avec les mêmes dépenses, disposant d'un traitement plus parfait sans doute, mais certainement incapable d'atteindre à pareille production.

Il est, cependant, une classe de minerais pour lesquels l'amalgamation par les tonnes sera toujours préférable; ce sont les pyrites de fer ou de cuivre argentifères par elles-mêmes, ou mêlés d'argent arseniosulfuré, et de cuivres gris. Ces minerais se refusent absolument au traitement du *patio ;* on ne peut les fondre, au Mexique, que dans le cas d'une teneur élevée; leur traitement par la méthode saxonne sera généralement profitable.

C'étaient des minerais de cette nature, que produisaient les filons de *Veta-Negra*, *San-Lucas*, *Pavillon*, à Sombrerete, lorsque leurs exploitations étaient si florissantes vers la fin du siècle dernier. Ces minerais étaient extrêmement riches, et tout ce qui ne rendait pas 10 onces d'argent par charge, 208 grammes par 100 kilogrammes, était rejeté comme stérile. Plus tard, soit à cause des désordres qui suivirent les guerres de l'indépendance, soit parce qu'elles étaient épuisées, ces mines furent abandonnées, et Sombrerete, autrefois si populeux, était presque désert et ruiné, lorsqu'un français entreprit d'utiliser les minerais perdus dans les haldes anciennes, en essayant de les traiter par l'amalgamation d'Europe.

Une heureuse modification apportée par un charpentier local au train complexe des tonnes de Freyberg en rendit le service facile au moyen des mules; l'altération que les minerais avaient subie, par une longue exposition à l'air (*),

(*) Les eaux qui s'écoulent des anciens déblais de Sombrerete, à l'intérieur et à l'extérieur, sont acides et renferment 1,9 p. 100 de cuivre dans les résidus de leur évaporation, et une forte proportion d'acide arsénieux.

facilita le traitement, l'application de la méthode nouvelle se fit avec bénéfices, et bientôt Sombrerete compta soixante-dix ateliers en travail.

Bien que ralentie par suite de l'épuisement partiel de ces haldes anciennes, cette exploitation persiste encore aujourd'hui.

La teneur générale moyenne des minerais retirés de ces anciens déblais après les avoir criblés sur une claie grossière, et avoir séparé le gros stérile à la main est de :

Six onces d'argent par charge, qui équivalent à 125 grammes pour 100 kilogrammes.

Les minerais rendus à l'usine coûtent :

	francs.	
1 réal par charge, soit.	4,89	par tonne
Les frais de traitement s'élèvent à :		
11 réales par charge.	53,79	id.
Soit pour frais d'usine et de mine :		
12 reales la charge.	58,68	id.

Mais on ne retire guère que la moitié de l'argent contenu, soit 3 onces, qui ne valent que 5 piastres à cause du bas titre du métal; il ressort ainsi un bénéfice net de :

12 reales par charge, soit. . . . . 58f,68 par tonne.

On peut évaluer à 3 millions de piastres l'argent qui a été ainsi retiré des anciens déblais des mines de Sombrerete, déblais restés perdus jusqu'à l'introduction de la méthode européenne. De semblables résultats pourraient être obtenus, par les mêmes moyens, en nombre d'autres lieux au Mexique.

Minerais traités par la fonte. On traite par la fonte les sulfures massifs, qu'on sépare lors du triage à la main, lorsque ces sulfures sont de composition complexe, formés par un mélange de blende, de galènes antimoniales, de cuivre pyriteux et de pyrites de fer; on les fond, au four à manche,

avec une quantité de litharge suffisante. Mais il faut à ces minerais une teneur en argent élevée, car le prix de revient de ce traitement ne s'abaisse guère au Mexique au-dessous de 165 à 170 francs par tonne, et s'élève, le plus souvent, à 7 et 800 francs.

Si les minerais consistent en espèces d'argent pures et massives, bromure, sulfure ductile et argent rouge ou argent noir, accompagnées de très-peu de gangues pierreuses, on les scorifie sur un bain de plomb fondu dans un four à coupelle, puis on donne le vent, quand le bain a été enrichi à 2 ou 3 p. 100 d'argent. Mais ce procédé est moins une méthode régulière, qu'un travail accidentel dans les usines, ou la façon de faire d'ateliers clandestins qui achètent les minerais extrêmement riches volés sur les exploitations.

Importance des divers traitements. — Ces différentes méthodes de traitement sont loin de contribuer pour des parts égales dans la production générale de l'argent; il n'est cependant pas possible d'établir, avec certitude, leur importance relative.

A Réal-del-Monte, pour une production d'argent de 3.445.222 piastres, dans une année, les minerais traités par la fonte ont donné 304.636 piastres, soit 10,76 p. 100. A la mine de Quebradillas, à Zacatecas, le rapport des mêmes quantités ressort à 10,12; il en est à peu près de même pour Veta-Grande du même district. On peut, je crois, généraliser ce rapport et admettre que les minerais fondus donnent 10 p. 100, environ, de la production totale.

L'amalgamation suivant la méthode saxonne a reçu une application importante, dans les exploitations de la compagnie de Réal-del-Monte; les usines qui l'emploient produisent tous les ans de 2.300.000 à 2.400.000 piastres; on peut porter à 600.000 piastres, au plus, la production des ateliers de Sombrerete, Matehuala, etc., ce qui pour une extraction totale annuelle de 18.000.000 de piastres, en chiffres ronds, donne, pour les tonnes, le rapport de 16 p. 100.

L'emploi de la méthode du cazo est limitée aux usines de Catorce, Cedral, Matehuala, San Pedro, etc., qui toutes apportent leurs métaux aux monnaies de San Luis ou de Catorce; on ne peut pas attribuer à cette méthode plus de $\frac{1}{3}$ de l'argent frappé tous les ans dans ces deux villes, soit 5 à 600.000 piastres, ce qui donnerait 3 p. 100 de la production totale.

En portant au compte de la méthode du *Patio* le complément de la production, on aurait la répartition suivante :

Argent retiré par	la fonte. . . .	10 p. 100	de la production totale.
id.	tonnes. . .	16 p. 100	id.
id.	cazo. . . .	3 p. 100	id.
id.	patio. . . .	71 p. 100	id.

Ces chiffres ne sont que de simples indications, montrant, cependant, que la production de l'argent au Mexique dépend surtout de l'amalgamation par le *Patio*.

Dans ce qui va suivre, j'insisterai surtout sur les méthodes de traitement qui sont propres aux usines du Nouveau-Monde, savoir : la méthode par le *Patio* et celle par le *Cazo*.

§ 3. — Travail mécanique des minerais antérieur au traitement.

Les minerais livrés par les exploitations arrivent aux usines séparés en terres et menus, et en fragments du triage à la main.

Si les minerais sont destinés à la fonte, ils ne subissent aucun travail mécanique et vont directement aux lits de fusion, mais s'ils doivent être traités par l'amalgamation, il faut qu'ils soient d'abord porphyrisés.

J'ai déjà dit que pour ce travail, la généralité des usines mexicaines n'avait pas d'autre force motrice que celle des animaux, et j'ai aussi indiqué que pour se soustraire aux dépenses excessives qu'entraînaient après elles les années

de disette, fréquentes sur les hauts plateaux, une usine importante, celle du Fresnillo, avait établi des machines à vapeur.

Laissant donc de côté les moteurs hydrauliques limités à quelques rares localités, on trouve actuellement dans les usines du Mexique, l'ancien travail de broyage au moyen des mules, et la récente application au même travail des moteurs à vapeur, faite à l'*hacienda nueva du Fresnillo*.

Broyage et porphyrisation des minerais au moyen des mules. Les réactions de l'amalgamation par le patio exigent que les minerais soient exactement porphyrisés; pour y arriver on commence par les réduire à un état de gros sable par bocardage à sec, puis on reprend ces sables, et on les broie longtemps, en présence de l'eau, sous de lourdes pierres de porphyre traînées sur le fond d'une auge circulaire.

1° *Bocardage*. Les bocards (*molinos*) usités au Mexique se rapportent tous à un type unique dont les *fig.* 1, 2. Pl. II, font connaître les dispositions essentielles, ils comprennent neuf pilons en une seule batterie. La flèche de chaque pilon, en chêne, pèse 50 kilogrammes, coûte 10f.40 et dure 4 à 5 ans. Les sabots P en fer forgé, aujourd'hui comme au temps de la domination espagnole, arrivent exclusivement de Biscaye; chaque sabot neuf pèse 104 livres, 48 kilogrammes, coûte 18 piastres (Zacatecas) 97f,20, et dure suivant les minerais de 4 mois à 1 an. La sole S' sur laquelle battent les pilons est en bronze; elle a une section de 0m,24; et coûte fondue sur les lieux 2.500 à 2.800 francs; elle peut durer de 5 à 8 ans suivant les minerais. De chaque côté de la batterie dont les poitrines sont ouvertes, sont disposés, comme l'indique la figure, deux cuirs de bœufs non tannés, percés de trous ayant de 0m,012 à 0m,015 de diamètre; ces cuirs coûtent 16f,20 pièce et ne durent guère que deux mois; une caisse close est placée sous ces cribles.

A chaque flèche correspondent trois cames motrices dont

la disposition, commune à presque toutes les usines, est indiquée par la *fig.* 2 (Pl. II), la hauteur de chute correspondante pour les sabots neufs est de 0^{m},54.

Une batterie pareille exige trois mules; on les attèle côte à côte, à un même bras horizontal B, et à des distances successives de 2^{m},40, 2^{m},90, 3^{m},50 de l'axe du manége. Un enfant les conduit et les maintient toujours au trot. Elles font ainsi quatre tours par minute, mais ne peuvent fournir qu'un poste de 4 heures, ce qui donne pour 9 pilons en mouvement 18 mules à l'écurie.

Le rapport des rayons de la lanterne et de sa roue motrice varie d'une usine à une autre, et est compris, le plus souvent, entre 1 $\frac{2}{3}$ et 1 $\frac{1}{3}$. Les pilons donnent ainsi de 15 à 20 coups par minute.

Le service de la batterie est fait par trois ouvriers; l'un va prendre les minerais aux dépôts de l'usine, les deux autres placés en A, A' de chaque côté du bocard, remuent activement les minerais sur les cribles, et rejettent sans cesse leurs refus sous les pilons. Ils arrivent ainsi, pour des trous de crible de 0^{m}.015, et pour des minerais de dureté moyenne, à passer 5 $\frac{3}{4}$ de *montones*, environ, de minerais pour 24 heures, soit 5.290 kilogrammes, ce qui donnerait 293 kilogrammes de minerais pulvérisés par mule et par jour; mais pour tenir compte des accidents, blessures, etc., qui rendent souvent ces animaux indisponibles, on pourra compter qu'il faut 3 mules $\frac{1}{2}$ par chaque tonne de minerai à pulvériser par jour.

Ce résultat, surtout si l'on considère le diamètre des trous des cribles, est assurément peu satisfaisant; la cause en est dans la construction même du bocard employé.

Les pilons sont d'abord beaucoup trop légers; car pour une demi-usure de leurs sabots, leur poids s'abaisse à 80, 85 kilogrammes, et dans cet état, surtout s'il s'agit de minerais un peu durs, la batterie n'a plus assez de force; les mules travaillent sans aucun résultat utile.

La distance qui sépare l'axe de l'arbre des cames de l'axe des flèches est considérable, les cames motrices rencontrent donc le mentonnet de ces flèches avec une vitesse très-grande, de là des chocs, qui transmis aux mules, sont pour elles une cause de très-grande fatigue.

Enfin, et par suite des dimensions adoptées pour la transmission du mouvement, et afin de maintenir aux pilons une vitesse suffisante, on est obligé de donner aux mules une allure anormale qui réduit beaucoup leur effet utile.

Cette opération du bocardage, telle qu'on la pratique, ne remplit d'ailleurs que très-imparfaitement son but qui est de préparer les minerais à la porphyrisation. Le grand diamètre des ouvertures des cribles, et leur rapide agrandissement par l'usure, conduit à des sables très-grossiers, qui ne sont pas écrasés par le poids des pierres employées dans l'opération suivante de la porphyrisation; si les minerais sont un peu durs, ces sables roulent en quelque sorte sous les meulières, et l'opération traîne en longueur. Cette influence de la finesse des sables sur la durée de la porphyrisation est considérable, elle a été bien constatée au Fresnillo. Pour le même minerai, le même moulin à porphyriser, la même finesse obtenue, l'opération durait 20 à 21 heures, avec des cribles de cuir au bocard percés d'ouvertures de 0m,012; elle était réduite à 14, et, quelquefois 12 heures, avec des cribles métalliques, ayant des trous de 0m.005 de diamètre.

2° *Porphyrisation.* Il a été proposé, au Mexique, bien des appareils pour porphyriser les minerais; mais aucun, jusqu'ici, n'a présenté les avantages des moulins depuis longtemps usités dans le pays.

Ces moulins (*arrastras* ou *tahonas*) (*fig.* 3-4, Pl. II) (*), consistent en une excavation circulaire creusée dans le sol

(*) Les dimensions indiquées sont celles adoptées dans la grande usine de Loreto récemment construite à Pachuca.

de l'atelier, à 1 mètre de profondeur, et ayant 3 mètres à $3^m,50$ de diamètre si on veut employer deux mules, et seulement $1^m,50$ et 2 mètres si on veut n'en employer qu'une. Cette excavation est circonscrite par de fortes douves exactement jointives qui s'enfoncent en terre, en contre-bas du fond de l'excavation, et se surélèvent à l'extérieur de $0^m,25$ à $0^m,30$, au-dessus du sol de l'atelier.

Le pavé que l'on dispose au fond de cette espèce de cuve, pour former l'aire de broyage, a une épaisseur de $0^m,60$. On le fait avec des pierres meulières hors de service, que l'on débite sur une section de $0^m,15$ à $0^m,20$ et que l'on plante droites, de façon à obtenir une surface bien dressée et présentant un très-grand nombre de joints, condition nécessaire, si par l'addition du mercure pendant la porphyrisation, on veut retirer l'or et l'argent natif des minerais. Ce fond de l'*arrastra* coûte 6 piastres de façon, et dure de huit à neuf mois.

Au centre, est solidement fixée en terre une pièce de bois M, portant une crapaudine sur laquelle tourne l'arbre vertical B. Celui-ci porte à $0^m,60$ environ au-dessus du sol deux traverses en croix, auxquelles on attache avec des cordes et des anneaux scellés à leurs extrémités les pierres meulières (*Voladoras*). L'une de ces traverses se prolonge de $1^m,50$ en dehors du cercle des douves. C'est à ce bras que les mules s'attèlent, côte à côte.

Les meulières sont, autant que possible, de porphyre quartzifère très-dur. On leur donne la forme de parallélipipèdes réguliers ayant 1 mètre de longueur, $0^m,40$ à $0^m,45$ de largeur de base, et $0^m,35$ à $0^m,40$ de hauteur. Elles pèsent ainsi de 350 à 450 kilogrammes, coûtent $10^f,40$ la pièce et durent de 1 mois 1/2 à 2 mois, après ce temps elles ont perdu les 2/3 de leur poids. Si les pierres meulières sont comme au Fresnillo et Zacatecas d'un porphyre très-dur, l'usure du fond et celle des pierres meulières ne représente que 2 à $2\frac{1}{2}$ p. 100 du poids des minerais broyés; si le porphyre est

moins dur, comme à Guanajuato, l'augmentation du poids des minerais après la porphyrisation arrive à 5 p. 100, et elle atteint 11 p. 100 si comme à l'usine de Regla (Réal del monte) on se sert de basalte. Pour que les pierres voladoras traînent sur toute l'aire de broyage et produisent son usure uniforme, on les place alternativement touchant, l'une le pieu central, l'autre le cercle des douves, et pour que l'équilibre de l'appareil soit assuré pendant son mouvement, on donne toujours aux quatre pierres des poids différents, plaçant la plus lourde au bras des mules et la plus légère du côté opposé.

Le service d'un atelier de porphyrisation exige 4 mules disponibles par arrastra en mouvement. Elles travaillent, deux par deux, et par postes de 6 heures, vont toujours au pas, tournent sur des cercles de 2^{m},25, 2^{m},85 de rayon, et font ainsi en moyenne trois tours par minute ; elles travaillent les yeux bandés, et ce travail, en apparence forcé par l'exiguïté du cercle à parcourir, les fatigue cependant assez peu, pour que certains de ces animaux arrivent à fournir 20 et 25 années de service. Au point de vue de la main-d'œuvre il faut :

2 ouvriers broyeurs (tahoneros) pour. . . . . 6 arrastras
1 conducteur de mules (arreador) pour. . . . 12 id.
1 contre maître (capitan) pour chaque. . . . 30 id.
et 1 contremaître général pour tout l'atelier comprenant d'ordinaire 200 à 250 arrastras.

Les *tahoneros* chargent et déchargent les minerais, manœuvrent les pierres meulières et alimentent les moulins d'eau.

Les *arreadores* veillent sur les mules et changent les relais, les contre-maîtres surveillent l'atelier et pèsent les minerais livrés à chaque arrastra.

Pour mettre un de ces moulins neufs à l'état de travail régulier, on attache d'abord deux pierres meulières, on verse

de l'eau et l'on fait ainsi marcher les mules trois ou quatre jours. On place alors une troisième, puis une quatrième pierre, et, après huit ou dix jours, l'aire de broyage et le fond des voladoras sont parfaitement polies; l'appareil peut en ce moment donner des boues aussi fines qu'on le voudra.

On charge en une fois tout le minerai qui doit être porphyrisé dans l'opération. On verse en même temps 30 p. 100 d'eau environ du poids du minerai, ce qui donne une sorte de mortier très-épais, puis on en ajoute progressivement à mesure que la porphyrisation avance, mais avec précaution, sous peine de diminuer très-rapidement l'effet utile des meulières. Il faut maintenir les minerais à l'état de boue pâteuse, mais assez mobile pour remplir presque immédiatement la trace que les meulières laissent après elles. L'habileté des tahoneros a ici une très-grande influence; aussi presque partout ce travail se fait à prix fait. Le terme de l'opération arrivé, le contre-maître juge au toucher de l'état de finesse obtenue dans chaque arrastra, et décide si l'opération doit se prolonger encore, ou si les minerais peuvent être enlevés.

Les quantités de minerai porphyrisées, par arrastra et par 24 heures, dépendent surtout du degré de finesse que l'on veut obtenir, car c'est surtout vers la fin que le progrès de la porphyrisation est très-lent; ces quantités sont très-variables d'un district à l'autre.

A Guanajuato, on ne charge que 276 kilogrammes par arrastra, et l'on met 24 heures à les porphyriser; mais les boues métalliques obtenues sont absolument impalpables. A Loreto, usine de Pachuca, on passe 414 kilogrammes dans le même temps et avec les mêmes appareils.

A Zacatecas, on pousse la charge jusqu'à 460 kilogrammes, et l'on arête quelquefois l'opération après 18 heures de travail.

Je chercherai à indiquer, un peu plus bas, les causes pro-

bables d'aussi grandes divergences dans la conduite de cette opération.

Ces arrastras, que je viens de décrire, ont, au Mexique, de bien précieux avantages ; ils sont d'une construction partout facile et partout très-peu dispendieuse, à l'abri de tout dérangement, applicables aux plus grandes comme aux plus petites entreprises, et capables, ainsi qu'on peut le voir à Guanajuato, de résoudre complétement le problème de la porphyrisation exacte de masses énormes de minerais ; mais on peut se demander s'ils utilisent bien la force motrice qui leur est appliquée, question d'un très-grand intérêt au Mexique.

Il suffit de voir marcher l'un de ces appareils, pour se convaincre que le court rayon du cercle que les mules décrivent doit faire perdre une fraction notable de la force dépensée, et que si deux mules sont nécessaires au début de l'opération, elles ne doivent plus l'être vers la fin ; c'est dans ce but, que j'ai relevé les observations suivantes à l'usine de *Cinco Sinores* à Zacatecas, sur un arrastra de construction récente, muni de quatre pierres meulières pesant ensemble 1.250 kilogrammes et attelé de 2 mules de force à peu près égale.

Le diamètre de l'arrastra était de. . . . . $2^m,80$

La distance de l'axe de rotation au point d'attelage, était :

Pour la première mule. . . . . $2^m,70 = b$
Pour la deuxième. . . . . $2^m,00$

La distance du même axe au milieu du collier des mules, maintenue fixe par une attache durant le mouvement était :

Pour la première mule. . . . . $2^m,40 = c$
Pour la deuxième. . . . . $1^m,85$

La longueur des traits, ou mieux la distance du centre du collier au point d'attelage, était :

Pour la première mule. . . . . $2^m,10 = a$
Pour la seconde. . . . . $1^m,90$

Si l'on représente par F l'effort de traction donné par la mule, par f sa composante normale au bras de levier, on aura :

$$f = F\sqrt{1 - \frac{(a^2 + b^2 - c^2)^2}{4a^2b^2}},$$

qui donne par substitution des valeurs mesurées :

$f = 0,85$ F pour la mule extérieure,
$f = 0,83$ F pour la mule intérieure.

Le moulin étant chargé depuis quelques instants, et le travail de porphyrisation régulièrement établi, l'effort de tirage fut trouvé :

Pour la mule extérieure de. . . . . . 45 kilogr.
Pour la mule intérieure. . . . . 54 id.

Les mules faisaient en ce moment 4 tours en 85 secondes; 16 heures après, alors que la porphyrisation arrivait à son terme, l'effort de tirage fut trouvé :

Pour la mule extérieure de. . . . . . 19 kilogr.
Pour la mule intérieure de. . . . . . 32 id.

Les mules faisaient alors 4 tours en 70 secondes.

D'après ces nombres. le travail moteur total avait été :

Au début de l'opération de. . . . 3.422 kilogrammètres.
A la fin de l'opération de. . . . . 2.083 id.

En résumé donc, dans les arrastras mexicaines, par suite du cercle étroit dans lequel tournent les mules, on perd de 15 à 17 p. 100 de la force de tirage qu'elles donnent.

La force motrice nécessaire à l'un de ces appareils est de 0,76 de cheval-vapeurs au début de l'opération, elle n'est

plus que de 0,46 vers la fin. Si donc deux mules sont nécessaires au début, on laisse improductive vers la fin 39 p. 100 de leur force disponible (*).

Il serait facile de voir que ces pertes pourraient être atténuées, par une augmentation convenable du diamètre, de l'appareil, du nombre des pierres meulières et du nombre des mules. Le rapport de la force de tirage à sa composante motrice se rapprocherait de l'unité, et la diminution dans le travail moteur vers le milieu de l'opération pourrait arriver à représenter le travail d'une mule entière qui serait alors supprimée, mais je crois inutile d'insister sur ce sujet.

Dépenses pour la porphyrisation des minerais au moyen des mules. Les nombres que je vais indiquer sont le résultat du classement que j'ai fait, pour une année entière, des dépenses journalières de deux usines importantes prises, l'une à Zacatecas, l'autre à Guanajuato. Je donnerai d'abord, pour chaque article, la dépense totale exprimée en piastres, telle qu'elle résulte de ce classement; j'indiquerai ensuite et en grammes le poids d'argent fin que chacune de ces dépenses représente pour chaque tonne de minerais traités (**).

(*) Le tirage de ces mules a été mesuré avec un dynamomètre de fabrication française, trouvé au collége de Zacatecas et vérifié dans les limites de ces observations.

(**) Dans cette transformation des piastres dépensées en grammes d'argent équivalents, il faut tenir compte des frais de monnayage; ces frais sont réglés au Mexique comme suit : Les hôtels des monnaies remettent 8 piastres $\frac{1}{4}$ d'espèces pour chaque marc d'argent présenté au titre de 11 deniers. Le marc dont il s'agit ici est celui de Castille, qui vaut 229g,880. Le titre de 11 deniers équivaut à 916 millièmes $\frac{2}{3}$. On voit ainsi que pour chaque piastre reçue, il a fallu remettre 25g,559 d'argent à 1.000/1.000es.

Porphyrisation des minerais par les mules.

1° Zacatecas. — Usine Bernardez.

Minerais traités. . . . . tonnes. . . . 10.679,82

1° DÉPENSES TOTALES EN PIASTRES.

				piastres.	
1° Bocard. .	Main-d'œuvre et surveillance.			6.142,22	11.001,78
	Mules. . .	Maïs en grains. . . .	1.034,08	3.023,44	
		Fourrage.	1.626,74		
		Soins d'écurie. . . .	312,62		
		Animaux morts. . . .	50,00		
	Sabots en fer du bocard.			1.298,00	
	Flèches en bois			167,38	
	Réparations. Forgeron.			168,50	
	— Charpentier.			83,88	
	Bois de charpente.			32,36	
	Cuirs pour cribles et divers.			86,00	
2° Arrastras. .	Main-d'œuvre et surveillance.			6.699,48	27.301,56
	Mules. .	Maïs en grains.	5.377,22	15.721,89	
		Fourrage.	8.459,06		
		Soins d'écurie.	1.625,61		
		Animaux morts. . . .	260,00		
	Pierres meulières			2.068,00	
	Maçon.			873,00	
	Fers et forge.			876,30	
	Charpentier.			436,22	
	Eclairage, travail de nuit.			355,11	
	Bois de charpente.			168,31	
	Douves pour les cuves.			103,25	
Dépenses totales de porphyrisation : piastres.					38.303,34

2° DÉPENSES EN GRAMMES D'ARGENT ET PAR TONNE (Zacatecas).

				grammes.	
1° Bocard. . .	Main-d'œuvre et surveillance.			14,697	26,325
	Mules. .	Maïs en grains.	2,474	7,234	
		Fourrages.	3,892		
		Soins d'écurie.	0,748		
		Animaux morts.	0,120		
	Sabots en fer pour bocard.			3,106	
	Flèches.			0,401	
	Reparations. Forgeron.			0,403	
	— Charpentier.			0,201	
	Bois de charpente.			0,077	
	Cuirs pour cribles et divers.			0,206	
2° Arrastras. .	Main-d'œuvre et surveillance.			16,031	65,329
	Mules. .	Maïs en grains.	12,867	37,620	
		Fourrages.	20,241		
		Soins d'écurie.	3,890		
		Animaux morts.	0,622		
	Pierres meulières..			4,948	
	Maçon.			2,039	
	Fers et ferrage des mules.			2,097	
	Charpentier.			1,044	
	Eclairage, travail de nuit.			0,860	
	Bois de charpente.			0,403	
	Douves, usure des cuves.			0,247	
Ensemble : grammes d'argent à prélever par tonne.					91,651

Pendant l'année à laquelle se rapportent ces nombres (1863), le maïs en grains valait 18 réales la fanègue qui

pèse 6 arrobes (69 kilogrammes) et le fourrage se vendait 1 réal l'arrobe, prix très-favorables.

Porphyrisation des minerais. — Guanajuato. — Usine San-Juan.

Minerais traités. . . . . tonnes. . . . 3.853,42

1° DÉPENSES TOTALES EN PIASTRES.

				piastres.	
1° Bocards. . .	Main-d'œuvre et surveillance.			1.865,62	4.947,92
	Mules. .	Maïs en grains. . . .	1.044 03	2.254,91	
		Fourrages.	1.091,14		
		Divers.	119,74		
	Sabots en fer des pilons.			558,23	
	Charpentier.			107,58	
	Forge.			103,00	
	Eclairage.			58,58	
2° Arrastas. . .	Main-d'œuvre et surveillance.			5.086,21	21.501,19
	Mules. .	Maïs en grains. . . .	6.511,48	14.063,39	
		Fourrages.	6.805,11		
		Divers.	746,80		
	Pierres meulières.			1.560,09	
	Maçon.			288,00	
	Charpentier et bois			177,80	
	Forge.			208,54	
	Eclairage.			117,16	
	Dépense totale de porphyrisation (piastres).				26.449,11

2° DÉPENSES DE PORPHYRISATION EN GRAMMES D'ARGENT ET PAR TONNE DE MINERAI (à Guanajuato).

				grammes.	
1° Bocards. . .	Main d'œuvre et surveillance.			12,36	32,81
	Mules. .	Maïs en grains.	6,92	14.95	
		Fourrages.	7,24		
		Divers d'écurie.	0,79		
	Sabots en fer des pilons.			3,70	
	Charpentier.			0,71	
	Forge.			0.68	
	Eclairage.			0,30	
2° Arrastas. . .	Main-d'œuvre et surveillance.			33,73	142,59
	Mules. .	Maïs en grains.	43,19	93.27	
		Fourrages.	45,13		
		Divers.	4,95		
	Pierres meulières.			10,34	
	Maçon.			1,91	
	Charpentier.			1,18	
	Forge.			1,38	
	Eclairage.			0,78	
	Ensemble des grammes à prélever pour porphyrisation.				175,40

Les prix des fourrages correspondant à ces dépenses étaient :

Maïs en grains 2 piastres $\frac{1}{2}$ la fanègue. . . (69 kilogr.).
Fourrages. . . 1 réal $\frac{3}{4}$ l'arrobe. . . . . $11^k,50$.

Prix qu'on doit considérer comme moyens.

Pour mettre en évidence les différences de ce travail de broyage et de porphyrisation tel qu'on le pratique à Zacatecas et à Guanajuato, j'établirai les dépenses pour des prix de fourrages supposés égaux dans les deux districts, et je prendrai pour prix commun la moyenne de ceux indiqués ci-dessus. Les éléments du travail seront alors identiques, car le prix de la main-d'œuvre, celui des autres articles de dépense et aussi la dureté des minerais ne présentent, de l'un à l'autre district, que de légères différences.

Le tableau des dépenses devient alors :

Porphyrisation comparée.

	Dépenses.	Zacatecas. gr. d'arg.		Guanajuato. gr. d'arg.	
1° Bocards. .	Main-d'œuvre. Surveillance. .	14,697	27,916	12,38	30,90
	Mules.	8,705		13,01	
	Matériel.	4,514		5,48	
2° Arrastras.	Main-d'œuvre. Surveillance. .	16,031	73,633	33,73	150,72
	Mules.	45,302		81,40	
	Matériel.	12,300		15,59	
	Ensemble.		101,549		181,62

Ainsi donc pour des conditions économiques identiques le bocardage à sec cause, à très-peu près, les mêmes dépenses. La porphyrisation, au contraire, entraîne à Guanajuato des frais plus que doubles de ceux de Zacatecas.

C'est qu'à Guanajuato, on considère une porphyrisation parfaite, comme une condition indispensable au succès de l'amalgamation, tandis qu'à Zacatecas, on admet qu'une perfection si grande n'est pas nécessaire, que l'excès de dépenses qu'elle cause n'est pas compensé par un meilleur rendement, et que l'on doit dès lors se contenter de boues plus grossières.

Ces opinions contraires, qui font en quelque sorte deux écoles distinctes au Mexique, tiennent moins à une question de principes qu'à la différence des situations économiques de l'un et l'autre district.

A Zacatecas, en effet, on admet, comme partout, que la *plata gruesa*, c'est-à-dire l'espèce argentifère massive des

minerais ne donne sur le patio que de mauvais rendements, ce qui revient à dire que l'argent doit être très-finement divisé pour pouvoir être amalgamé. Mais la plupart des usines de Zacatecas, autrefois comme aujourd'hui, travaillent surtout à *Maquila* (soit à façon), prélevant un prix fixe par tonne, et livrant au mineur l'argent total retiré, sans responsabilité aucune dans le rendement obtenu ; l'intérêt des usines est de travailler vite et avec le moins de frais possible ; leur doctrine que la porphyrisation des minerais peut simplement être approchée n'a donc rien qui puisse surprendre. D'ailleurs, les minerais de Zacatecas contiennent une proportion considérable de sulfures argentifères complexes, irréductibles au patio et sur lesquels la porphyrisation la plus avancée reste sans action ; les pertes d'argent résultant de cette composition des minerais sont prépondérantes dans le résultat définitif. de sorte que les tentatives faites pour améliorer leur rendement par un broyage parfait ont pu ne produire aucun bon résultat.

A Guanajuato, au contraire, les usines entrent depuis longtemps toutes en concurrence pour l'achat des minerais. Elles payent à l'avance l'argent contenu, et ne peuvent espérer de bénéfices que de la perfection même de leur travail, lors donc que dans ces conditions on voit les usines s'astreindre à ne passer que 276 kilogrammes de minerai par arrastra, et par 24 heures, et souvent même doubler ce temps s'il s'agit de minerais riches, on doit conclure que, tout au moins s'il s'agit de minerais réductibles au patio, les dépenses faites pour atteindre une porphyrisation parfaite ne seront jamais des dépenses perdues.

Broyage et porphyrisation par moteurs à vapeur à l'usine du Fresnillo. Les appareils de broyage adoptés au Fresnillo lors de l'établissement des machines à vapeur consistent 1° en deux trains de cylindres broyeurs, 2° en 16 grands moulins de porphyrisation (arrastras), identiques quant au principe de leur construction aux moulins ordinaires du pays.

Broyeurs. — Chaque train de broyeurs se compose de quatre cylindres travaillant en deux couples conjugués et placés l'un au-dessus de l'autre, de façon que le couple inférieur repasse les sables produits par le couple supérieur; dans chaque couple, l'un des cylindres porte sur chaque face latérale un fort rebord entre lesquels s'engage le cylindre conjugué, disposition qui, pour les minerais du Fresnillo, assure assez bien l'usure égale des surfaces de broyage. La longueur des cylindres est de $0^m,46$, leur diamètre de $0^m,57$ pour le couple supérieur, de $0^m,69$ pour le couple inférieur, la vitesse de rotation d'environ neuf tours par minute. Les couronnes mobiles en fonte que portent les cylindres sont fondues au Fresnillo avec des fontes provenant des hauts fourneaux de Durango, elles durent de quatre à cinq semaines pour les cylindres de dessus, et de neuf à dix mois pour les cylindres inférieurs. Ces couronnes sont portées sur les comptes de l'usine à un prix de revient d'environ 2.000 fr. la tonne.

Les sables broyés des derniers cylindres arrivent dans un trommel où ils se séparent : 1° en sables fins ayant traversé les mailles du trommel de $0^m,005$ et qui vont à la porphyrisation, 2° en refus du criblage qui tombant dans la roue élévatoire sont remontés sur le plancher des trémies supérieures. Ce plancher s'étend au-dessus des deux trains des broyeurs; les mules y arrivent par une pente douce et y déchargent les minerais qu'elles apportent des mines.

L'atelier de broyage occupe dix personnes le jour et autant la nuit, savoir :

2 Chefs broyeurs à 1 piastre par jour.
8 Manœuvres travaillant par postes de 4 pour le service des trémies supérieures à $\frac{1}{2}$ piastre par jour.
8 Manœuvres, 4 de jour, 4 de nuit pour l'enlèvement des sables, et leur roulage par chemin de fer aux arrastras.
2 Manœuvres, 1 par poste pour la roue élévatoire à $\frac{1}{2}$ piastre par jour.

Moulins de porphyrisation.— Les *arrastras* à vapeur du Fresnillo ont $5^m,80$ de diamètre; comme les arrastras ordinaires, elles sont circonscrites par un cercle de douves jointives s'élevant de $0^m,45$ au-dessus de l'aire de broyage et de $0^m,30$ au-dessus du sol de l'atelier; elles se pavent aussi avec des débris de pierres meulières plantées debout, elles se préparent enfin pour la porphyrisation comme je l'ai indiqué par un travail à vide prolongé pendant plusieurs jours. Au centre de l'auge, s'élève sur une crapaudine un axe en fer, sur lequel sont montées la roue d'engrenage qui prend le mouvement et une forte couronne de fonte portant huit rayons à chacun desquels s'attache par des chaînes de fer une pierre meulière. Ces pierres meulières ont $1^m,20$ de long, $0^m,55$ de largeur et $0^m,45$ d'épaisseur; pour ces dimensions moyennes leur poids ressort à 740 kilogrammes; on remplace quelquefois deux de ces huit grandes meulières par quatre pierres des moulins à mules. On peut admettre que le poids total des meulières d'un de ces moulins est en moyenne de 6.000 kilogrammes. Chacune de ces meulières se place à des distances différentes de l'axe, de façon qu'elles se fassent équilibre deux à deux sur un même diamètre dans le sens de leur composante verticale, et de façon ensuite qu'elles puissent ensemble parcourir toute la surface de l'arrastra. La vitesse de rotation de ces moulins plus lente au début de l'opération, plus rapide quand les sables sont entièrement porphyrisés varie de trois à quatre tours par minute.

Le fond des auges a été disposé à $3^m,50$ environ au-dessus de l'aire d'amalgamation de l'usine, de sorte qu'au moyen de simples canaux portés sur des chevalets mobiles on fait écouler les boues au lieu même où elles doivent être amalgamées, supprimant, par cette disposition si naturelle, le long travail des autres usines où l'enlèvement de ces boues et leur transport au patio se fait dans des tonneaux portés à bras.

Le service de l'atelier de porphyrisation exige :

1 Chef d'atelier à 20 piastres, 108 francs par semaine.
2 Contre-maîtres.
1 Garde à 10 piastres par semaine.
16 Ouvriers, pour les 16 moulins à ½ piastre par jour.
2 Jeunes garçons pour graisser les machines à 2 reales ½.

Les postes de nuit occupent un personnel égal.

Moteurs. Le mouvement est donné à ces divers appareils par deux machines à vapeur du Cornwall entièrement égales entre elles.

Chacune d'elles a deux chaudières à foyer intérieur de 40 pieds de long et de 7 pieds de diamètre (mesures anglaises) ; le cylindre moteur de chaque machine a 40 pouces de diamètre, $1^m,016$; la course du piston est de 10 pieds ½, la détente est à un demi les soupapes étaient réglées pour une pression intérieure maxima de 24 livres par pouce carré, enfin la vitesse moyenne ordinaire de 8 oscillations par 1. Si donc on admet pour la machine un coefficient de rendement de 0,80, sa force effective sera d'à très peu près 150 chevaux-vapeur (*).

L'une de ces machines donne le mouvement à 12 moulins de porphyrisation, ce qui assigne à chacun de ces moulins une force nécessaire de 12 ½ chevaux.

L'autre machine conduit 4 moulins et les deux trains des cylindres, ce qui donne 50 chevaux pour le service de chaque train de broyeurs.

Le travail des cylindres est extrêmement actif ; ils peuvent broyer jusqu'à 6.500 charges de mules par semaine près de 47.000 tonnes par année, puissance supérieure aux besoins de l'usine, car sur les 48.000 tonnes de minerais qu'elle

(*) L'eau de condensation vient des mines, la température du condenseur est de 35°. La pression atmosphérique au Fresnillo $0^m,588$.

reçoit chaque année, 36.000 seulement arrivent en roche et doivent passer au broyage, les cylindres restent donc souvent en chômage.

Les 16 grands moulins qui ont été établis sont au contraire insuffisants, ils ne peuvent porphyriser ensemble que 730 à 740 tonnes de minerais par semaine de travail effectif, 35.000 tonnes environ par année; il faudrait en porphyriser 48.000, on a donc été obligé de suppléer à leur insuffisance par la conservation de 60 à 80 des anciens moulins ou arrastras à mules.

Le travail réel de broyage et de porphyrisation des minerais à l'usine du Fresnillo est donc en quelque sorte complexe; je crois inutile de le considérer dans son ensemble, et je vais me borner à indiquer le prix de revient de la partie de ce travail qui est faite au moyen des machines à vapeur.

Dépenses pour la porphyrisation des minerais au moyen des moteurs à vapeur. Pendant les 14 dernières semaines de 1863 les appareils à vapeur du Fresnillo ont broyé et porphyrisé (*) 10.312 montons $\frac{1}{2}$ de 20 quintaux, soit 9.487 tonnes $\frac{1}{2}$. Les dépenses se sont élevées au chiffre total de 23.761,60 piastres lesquelles se subdivisent comme suit (**) :

(*) Les sables produits par les cylindres pendant ces quatorze semaines ne correspondent pas exactement aux sables porphyrisés par les moulins à cause du travail intermittent du broyage. Mais la différence est trop peu importante pour en tenir compte.

(**) Dans toutes les entreprises de mines et usines fondées par action au Mexique, les directeurs surchargent dans leurs comptes les prix des marchandises consommées de 18 à 24 p. 100 de leur valeur réelle. Ils créent ainsi une sorte de fonds de réserve qui reste entièrement à leur disposition pour les temps difficiles. Ainsi au Fresnillo le bois est porté sur les comptes au prix de 1 $\frac{1}{4}$ piastre la charge; il vaut réellement 0,87 piastres, j'ai donc réduit le chiffre de compte de 20.687 piastres, dépense de combustible des machines, à sa valeur véritable 14.398 ; de même les dépenses d'éclairage portées 504 piastres ont été ramenées à 360 prix réel.

Dépenses totales des appareils à vapeur : 14 semaines.

	piastres.
1° Conduite et surveillance des chaudières et machines motrices. . . .	3.869,00
2° Combustible. Bois de chêne et de mimosa, tenant 10 p. 100 d'eau environ, valant 0,67 piastres la charge de 300 livres (34 fr. la tonne).	14.398,00
3° Huiles pour les machines.	112,00
4° Forge pour réparations courantes.	332,00
5° Contre-maîtres, surveillance des appareils de broyage et porphyrisation, cylindres et moulins.	1.790,50
6° Main-d'œuvre ordinaire de ces appareils de broyage.	3.869,60
7° Eclairage.	360,00
8° Couronnes en fonte pour les cylindres.	425,00
9° Pierres meulières pour les moulins.	1.091,00
10° Menu matériel.	199,00
Ensemble : piastres.	23.761,60

Ces dépenses rapportées à la tonne de minerai porphyrisée et évaluées en grammes d'argent deviennent :

Dépenses du broyage par moteurs à vapeur, en grammes d'argent et par tonne.

		grammes.
1° Conduite des chaudières et machines.		3,190
2° Combustible.		38,783
3° Huiles pour graissage.		0,302
4° Forge, reparations courantes.		0,894
Ensemble : dépenses du moteur.	43g,169	
5° Contre-maîtres et surveillance des cylindres et moulins.		4,825
6° Main-d'œuvre ordinaire des cylindres et moulins.		10,423
7° Couronnes de fonte pour les cylindres.		1,144
8° Pierres meulières pour les moulins.		2,938
9° Eclairage, postes de nuit.		0,970
10° *Menu matériel.*		0,536
Ensemble : cylindres broyeurs et moulins.	20g,836	
Dépense totale par tonne porphyrisee.		64,005

On peut comparer ces dépenses à celles qui étaient faites dans le même temps et pour le même travail, dans les usines de Zacatecas qui emploient des mules pour moteurs ; car les conditions économiques, et les traditions pour le broyage y sont identiques à celles du Fresnillo. On peut aussi se rendre compte de l'avantage que présentent l'emploi des moteurs à vapeur dans les diverses circonstances, en faisant la même comparaison pour les prix que les fourrages prennent dans les années d'abondance et dans celles

de disette (*), les éléments du calcul se trouvent dans ce qui précède, les résultats sont réunis dans le tableau suivant :

Broyage et porphyrisation comparés par moteurs animés et par moteurs à vapeur.

DÉPENSES EN GRAMMES DE FIN et par tonne de minerai traité.	FRESNILLO par vapeur.	ZACATECAS : PAR MULES : Récoltes bonnes.	ordinaires.	mauvaises.
Moteurs. Main-d'œuvre.	3,190	4,638	4,638	4,638
Moteurs. Combustible ou fourrages	38,783	32,656	39,474	182,029
Moteurs. Divers.	1,196	2,839	2,839	2,839
Dépenses totales du moteur.	43,169	40,133	46,951	189,506
Broyage et porphyrisation. Main-d'œuvre.	15,248	30,728	30,728	30,728
Broyage et porphyrisation. Matériel des appareils.	4,082	12,475	12,475	12,475
Broyage et porphyrisation. Divers.	1,506	1,500	1,500	1,500
Dépenses : broyage et porphyrisation.	20,836	44,703	44,703	44,703
Dépenses totales : moteur et appareils.	64,005	84,836	91,654	234,209

En résumé donc : dans les années de cherté de fourrages les moteurs à vapeur du Fresnillo réalisent une économie de 170 grammes d'argent par tonne, ce qui pour la production de ces mines conduirait à un bénéfice total de 8.000 kilog. d'argent pour une année.

Dans les années de récoltes abondantes, au contraire, la puissance des appareils mis en mouvement par les machines, leur meilleure installation assure bien aux ateliers du Fresnillo un avantage final d'environ 20 grammes par tonne,

(*) Les prix que j'ai adoptés pour ces deux cas de bonnes et de mauvaises récoltes sont les suivants que j'ai eu l'occasion d'observer.

	francs.	
Maïs 1 piastre la fanègue.	9,78	le quintal.
Maïs 9 piastres la fanègue.	70,47	id.
Fourrages 1 réal l'arrobe.	5,87	id.
Fourrages 5 réales l'arrobe.	29,35	id.

Mais les prix de disette dépassent souvent ces limites, le maïs arrive à valoir 16 piastres 125 francs le quintal ; je n'ai pas pris ces nombres, pour ne pas sortir des faits observés.

mais on voit que le prix du travail des machines revient à très-peu de choses près au prix du travail des mules; ce résultat est dû en partie au prix élevé du combustible, mais il provient aussi du choix qui a été fait de machines à basse pression et à petite vitesse pour conduire les moulins de porphyrisation; par suite de ce choix, il a fallu, en effet, donner une masse très-grande aux organes intermédiaires du mouvement, ce qui, à raison de leur nombre, a conduit à des pertes considérables de travail : il est facile de s'en convaincre.

Dans une arrastra ordinaire à mules, pour quatre pierres meulières pesant ensemble 1.250 kilogrammes, et tournant sur un rayon moyen de $0^{m},70$ à raison de trois tours par minute, nous avons vu qu'il fallait une force de 0,76 chevaux-vapeur. Dans les arrastras mues par les machines du Fresnillo, le poids total des meulières est de 6.000 kilogrammes, le rayon moyen est de $1^{m},45$, la vitesse de rotation à très-peu près la même, le coefficient de frottement peut être supposé identique, la force nécessaire à l'un de ces moulins sera donc :

$$F = \frac{6.000 \times 1^{m},45}{1.200 \times 0,70} \times 0^{ch.v.},76 = 7^{ch.v.},55.$$

La machine motrice dépense comme on l'a vu 150 chevaux pour 12 moulins en mouvement, il y a donc pour chaque moulin 5 chevaux environ de perdus. Ce résultat concorde d'ailleurs avec les expériences faites pour l'établissement des machines; on construisit en Angleterre une arrastra ayant les dimensions indiquées ci-dessus, on la mit en mouvement avec des chevaux en la chargeant avec des minerais apportés du Fresnillo. L'expérience prouva qu'il fallait 8 chevaux-vapeur pour chaque moulin, la machine fut établie en attribuant la moitié de cette force aux pertes dans la transmission du mouvement, ce qui donna 144 chevaux de force pour la vitesse minima de 6 oscillations par minute.

En résumé donc :

L'emploi des machines à vapeur appliquées à des cylindres broyeurs et à des arrastras de grande dimension comme au Fresnillo, sera *toujours* plus avantageux que le travail des mules appliqué aux bocards et arrastras ordinaires, pour des prix de combustible ne dépassant pas 34 francs la tonne de bois à deux mois de coupe. Cependant, la nature de la machine adoptée au Fresnillo, pour la mise en mouvement des arrastras, entraîne une perte de près de 40 p. 100 de la force effective. Cette disposition ne doit donc pas être imitée.

Lavage des minerais avant l'amalgamation. Lorsque les minerais, destinés à l'amalgamation par le patio, renferment une proportion notable de sulfure ductile ou de bromure d'argent, il est nécessaire d'enlever par un lavage préalable le plus possible de ces espèces minérales, car le sulfure pur ne se pophyrise pas et donne des pertes considérables au patio, et le bromure y est *irréductible* (*).

Dans le premier cas, on obtient un schlich de sulfures, le plus souvent très-riche en or, que l'on scorifie sur un bain de plomb ; dans le second, on retire un sable ferrugineux, très-riche en bromure d'argent, que l'on traite par le cazo.

Le lavage préalable des minerais pour l'extraction des sulfures riches (*polvillos*) est assez rare ; ce lavage est au contraire général à San-Pedro Potosi, à Matehuala, à Catorce, où les minerais de bromure d'argent ont été trouvés avec abondance ; ce traitement comprend :

1° La pulvérisation des minerais,

2° Le débourbage des sables obtenus,

3° Le lavage à la planilla.

Il produit : 1° des sables riches portés au cazo ; 2° des résidus mis de côté pour l'amalgamation sur le patio.

(*) Le bromure d'argent (plata verde) est, comparativement au chlorure et à l'iodure, le composé qui domine dans les filons qui, au Mexique, ont contenu ces espèces avec quelque abondance.

1° *Pulvérisation.* Les minerais sont d'abord bocardés à sec dans le bocard à mules décrit ci-dessus, ils sont ensuite soumis au travail de l'arrastra. Mais comme dans tous ces districts, de Potosi, de Matehuala, etc. le bromure d'argent a pour gangue de la chaux carbonatée, des argiles plus ou moins sableuses et du sulfate de chaux, que les minerais y sont par conséquent très-friables, comme il s'agit, de plus, d'obtenir des sables fins et propres au lavage, et non pas les boues impalpables nécessaires au patio, on modifie la conduite du travail de porphyrisation en abrégeant sa durée, en augmentant ensuite le nombre des pierres meulières, et en diminuant le poids de chacune d'elles. Les moulins n'ont alors que $2^{m},50$ à $2^{m},70$ de diamètre; ils ne sont attelés que d'une seule mule, et ont quatre pierres qui pèsent chacune de 70 à 100 kilogrammes.

Les dépenses sont, par conséquent aussi, moins élevées.

A Matehuala et pour des prix moyens de fourrages : ces dépenses sont comme suit :

	En reales (1/8 de piastre) et par charge.	En grammes d'argent et par tonne.
Bocardage.	0,75	17,362
Pulvérisation par l'arrastra. . .	2,50	57,869
Ensemble.	3,25	75,231

2° *Débourbage.* Les minerais, au sortir de l'arrastra, contiennent une portion considérable de boues argileuses très-fines, qui gêneraient beaucoup dans l'opération du lavage; on les élimine d'abord.

Les sables sont emmenés dans une cuve en maçonnerie, large et peu profonde, $3^{m},85$ de diamètre, $0^{m},90$ de profondeur; on ajoute deux parties d'eau, pour une partie déjà versée dans l'arrastra, puis deux hommes entrant dans la cuve, y marchent en tout sens, et mettent toutes les matières en suspension. Après 2 heures de repos, on laisse écouler les boues qui ne se sont pas déposées, et, suivant les usines, elles sont rejetées comme stériles, ou recueillies dans des

bassins de dépôt pour être amalgamées sur le patio; les sables déposés au fond de la cuve sont portés à la *planilla*.

3° *Lavage à la planilla.* La planilla est une aire de lavage, en terre, formée de marnes ou de résidus de minerais très-fins et très-fortement tassés. Cette aire a 3 mètres de largeur, et présente dans sa section longitudinale le profil indiqué par la *fig.* 5, Pl. II. Ce profil comprend, en tête de l'appareil, un talus T de $1^{m},05$ de longueur et incliné à l'horizon de 35 à 36° s'il s'agit de minerais lourds et seulement de 28 à 30° si les gangues sont légères. Au pied de ce talus, la surface de la planilla se prolonge en une série de plans inclinés se rapprochant de plus en plus de l'horizontale.

Le premier de ces plans, *a'b'*, a $0^{m},40$ de long et est incliné de 3 ½ de base pour 1 de hauteur; le deuxième, *b'c'* a $0^{m},65$ de long et 5 ½ de base pour 1 de hauteur; le troisième, *c'd'* a $0^{m},70$ de long et 17 ½ de base pour 1 de hauteur; le dernier a $1^{m},10$ jusqu'au pied de l'appareil, et son inclinaison est de 55 de base pour 1 de hauteur.

La planilla est entourée sur trois de ses côtés par des murs ou par des poutrelles jointives; à son pied est un réservoir d'eau, avec lequel elle communique par deux ouvertures *oo'* ménagées de chaque côté de la cloison inférieure.

Les sables tirés du bassin de débourbage se placent en couche bien uniforme sur toute la surface du talus supérieur. On opère à la fois sur 460 kilogrammes environ de minerais supposés secs. Pour le lavage, l'ouvrier se place au fond de l'appareil, assis sur la cloison inférieure P; avec une corne de bœuf ouverte, il puise de l'eau dans le réservoir R et la lance contre le talus *mn* du minerai à laver; l'habileté consiste à faire arriver l'eau en nappe mince et bien uniforme sur toute la largeur de la planilla. Les matières, rapidement entraînées par l'eau sur la pente du talus supérieur, se déposent et se classent sur les plans inférieurs d'inclinaison beaucoup moindre. Ces aspersions d'eau sont fort actives, de 30 à 35 par minute; de temps en temps, l'ouvrier les

dirige contre le courant descendant, le ramène en arrière et provoque ainsi un nouveau classement des matières ; souvent aussi, il racle avec une palette de bois les dépôts supérieurs les plus lourds et projettant l'eau avec force, les relève sur le talus incliné pour les enrichir encore.

Les produits de ce travail varient suivant la nature des minerais.

A Catorce et à Matehuala, en outre du bromure, les minerais contiennent une portion notable de sulfure d'argent très-finement disséminé dans les gangues, et qui échappe à toute espèce de classement dans les opérations du lavage; on ne fait donc pas de stériles; les boues décantées du débourbage, les sables pauvres séparés par le lavage, sont réunis pour être amalgamés sur le patio; le travail de la planilla aboutit ainsi à concentrer le bromure dans un poids très-réduit de minerai qui devient assez riche pour pouvoir être traité par le cazo, il produit en outre des minerais pauvres qu'on envoie au traitement du patio.

Pour les minerais ordinaires de ces districts, les schlichs riches ainsi obtenus ne représentent que 1/2 à 2 p. 100 du poids des minerais primitifs; leur teneur varie de 1 à 3 p. 100 d'argent.

Ce travail de concentration se fait le plus souvent à l'entreprise, et sous le contrôle d'un contre-maître habile qui détermine, par un lavage d'essai, les sables qu'on peut séparer, pour le patio, comme suffisamment appauvris de bromure. Deux ouvriers se réunissent d'ordinaire pour travailler de compagnie; ils débourbent et lavent en 6 heures de travail effectif 20 charges de minerais, soit 2.760 kilogrammes, et reçoivent pour obtenir un schlich réduit à 2 p. 100 du poids primitif, 3/4 réal par charge, ce qui équivaut a 17,355 grammes d'argent par tonne débourbée et lavée.

Dans les exploitations du Cerro de Potosi, le bromure d'argent paraît exister seul dans une certaine classe de

minerais ; on rejette alors comme stériles les boues de débourbage et les sables légers séparés par la planilla ; on peut, dans ce cas, se demander quelle est l'importance des pertes d'argent que cause le lavage. Voici le résultat des observations que j'ai faites dans ce sens.

A l'usine San-Pedro, près du Cerro de Potosi, 12 charges (1.656 kilogrammes) de minerais ordinaires, bocardés et pulvérisés, laissèrent dans la cuve de débourbage 8 charges de sables à laver. Ces 8 charges produisirent sur la planilla 4 arrobes ½ de schilch riche, pour le travail du cazo. Des échantillons moyens furent prélevés sur les minerais et sur les produits du lavage ; les poids indiqués ci-dessus, et les teneurs trouvées, conduisent au compte suivant de l'argent dans les minerais.

Perte d'argent au lavage à la Planilla. — Usines de San Pedro Potosi.

Mineral primitif :			
Poids : 1.656 kilog. ; teneur, 70 grammes p. 100 kilog.			**kilog**
Argent total contenu			**1,159**
Boues séparées au débourbage, rejetées comme stériles,			
Poids : 552 kilog. ; teneur, 26 grammes p. 100 kilog.			
Argent perdu	**0k,144**		
Sables séparés au lavage, rejetés comme stériles,			
Poids : 1.052 kilog. ; teneur, 37 grammes p. 100 kilog.			
Argent perdu	**0k,389**		
Argent total perdu		**0k,533**	
Schlichs riches séparés par lavage :			
Poids : 51k,75 ; teneur, 1.145 grammes p. 100 kilog.			
Argent conservé		**0k,593**	**1.126**
Perte d'expériences			**0,033**

Les minerais lavés sont donc seize fois plus riches que les minerais primitifs, mais les pertes s'élèvent à 45 p. 100 de l'argent total contenu.

Extraction de l'or avant l'amalgamation. Lorsque les minerais à traiter par le patio contiennent de l'or, il faut chercher à l'extraire avant de commencer l'amalgamation de l'argent. L'expérience prouve, en effet, que la plus grande

partie de l'or contenu traverse toutes les réactions du patio sans être atteint, se retrouvant à l'état métallique dans les résidus, ou bien s'il s'en amalgame une partie, on la retire alliée à l'argent dans une proportion telle que l'affinage ne laisse aucun bénéfice.

Pour arriver à extraire utilement cet or des minerais, on verse dans les moulins de porphyrisation une petite quantité de mercure; il se forme ainsi un amalgame qui tombe et s'arrête dans les joints qu'on a ménagés, en grand nombre, dans le pavé de l'arrastra. La quantité de mercure versée tous les jours doit être telle que l'amalgame soit en pâte presque liquide, car c'est dans cet état qu'il résiste le mieux à l'entraînement, soit pendant le broyage, soit pendant le déchargement des minerais. Toutes les deux ou trois semaines, si le minerai est très-aurifère ou seulement après plusieurs mois, lorsqu'on renouvelle le pavé du moulin, on enlève avec un crochet l'amalgame adhérent aux pierres, on lave avec soin tous les débris qui remplissent l'auge du moulin pour en séparer le mercure, puis on comprime et distille l'amalgame. Le produit obtenu n'est jamais de l'or pur, c'est un alliage d'or et d'argent dans lequel ce dernier métal entre quelquefois pour 90 ou 95 p. 100 du poids total; il provient soit de l'argent natif des minerais, soit, comme on le verra ci-dessous, de la réduction du sulfure d'argent par une trituration prolongée en présence du mercure.

Le tableau suivant fait connaître quelles ont été pour une année de travail à l'usine San-Juan de Guanajuato, les quantités de mercure employées, l'argent aurifère extrait, le mercure perdu, pour l'amalgamation dans les arrastras de 3.815 tonnes de minerais.

Extraction de l'or par l'amalgamation dans les moulins de porphyrisation à Guanajuato.

PÉRIODE DU BROYAGE.		MINERAIS broyé.	MERCURE employé.	MÉTAL retiré.	MERCURE perdu.	MERCURE perdu p. 100 de l'argent et or retirés
		tonnes.	kilog.	kilog.	kilog.	
25 décembre	16 février...	543,85	256,58	42,68	40,41	94,7
20 février...	10 avril....	717,83	272,18	40,02	37,20	92,9
10 avril....	20 juin....	567,39	319,65	53,58	50,85	94,9
25 juin....	24 juillet...	747,96	251,72	46,20	41,99	90,9
10 août....	24 septemb..	493,58	265,27	40,27	38,20	94,8
24 septemb..	24 octobre..	321,67	279,37	40,59	38,52	94,9
29 octobre..	19 décembre	428,48	299,93	45,27	43,82	96,7
Totaux et moyennes...		3.815,76	1.944,70	308,61	290,99	94,2

Les minerais traités étaient assez pauvres en or; le titre en or du métal obtenu après la distillation du mercure a varié de 33 à 387 grains par marc, soit de 6,8 à 80,5 millièmes; le complément était de l'argent absolument pur.

Par le tableau qui précède on voit que la perte de mercure est restée à peu près constante et égale en moyenne à 94 p. 100 d'argent aurifère obtenu.

La constance de cette perte et sa valeur presque égale au poids de l'or et de l'argent retirés sont deux faits depuis longtemps observés par les maîtres amalgameurs, azogueros, de Guanajuato; de là cette tradition persistante chez eux que l'argent ne peut s'unir au mercure sans en détruire un poids égal au sien.

Cette interprétation est évidemment erronée s'il s'agit de métaux natifs; elle est au contraire fondée s'il s'agit de minerais contenant l'argent à l'état de sulfure simple.

En effet, si l'on triture pendant 8 ou 10 heures par un *frottement de glissement* énergique et continu, tel que le produisent les arrastras, du sulfure d'argent pur natif ou artificiel, avec trois ou quatre fois son poids de mercure, le sulfure sera réduit en partie, et l'on obtiendra un amal-

game d'argent. En séparant ensuite cet amalgame d'abord par un lavage avec un excès de mercure pur et de l'eau chaude, puis par une longue digestion à 30 ou 40° avec de l'acide azotique étendu, on obtiendra un résidu de sulfures qui, calciné au rouge avec trois parties de chaux sodée, donnera à la distillation du mercure métallique.

En réduisant l'argent sulfuré au simple contact et à la température ordinaire sous l'influence d'une porphyrisation prolongée, le mercure est donc effectivement détruit, passant à l'état de sulfure.

Il serait difficile de déterminer les conditions précises de la réaction dans le travail de l'arrastra, mais si l'on admettait qu'elle se passe d'atome à atome, il s'ensuivrait que pour 1 d'argent retiré il y aurait 0,90 de mercure sulfuré et perdu; la perte pratique ressort, comme on l'a vu, à 0,94.

Cette amalgamation dans les arrastras est loin de retirer la totalité de l'or contenu, car si les minerais ont une teneur quelque peu élevée, il suffit de laver avec soin une petite partie des boues sorties des moulins pour mettre le métal natif en évidence.

On admet à Guanajuato, mais sans expériences bien concluantes, que les pertes s'élèvent à 50 p. 100; le même chiffre est aussi admis à Pachuca.

Il est difficile d'arriver à cet égard à une évaluation quelque peu certaine, car les essais pour or, faits sur ces minerais qui sont souvent très-pauvres, tout en contenant par places le métal en grains appréciables, sont tellement peu concordants qu'il n'est pas possible de les faire servir au calcul du métal contenu. Quelle que soit d'ailleurs l'importance réelle de ces pertes de l'or, elles pourraient être très-grandement atténuées, en disposant à la suite des *arrastras* mexicaines quelques-uns des nombreux amalgamateurs en usage dans les usines de Californie.

(La suite à la prochaine livraison.)

DE LA MÉTALLURGIE DE L'ARGENT AU MEXIQUE.

Par M. P. [illegible] mines.

CHAPITRE II (SUITE).

§ 4. — AMALGAMATION PAR LE PATIO. MINERAIS SIMPLES.

Les minerais traités par l'amalgamation sur le *Patio*, sont généralement divisés en deux classes : les *colorados* et les *negros*.

Les *colorados* sont de véritables terres rouges contenant beaucoup d'oxydes de fer, et très-peu de sulfures métalliques ; ils sont quelque fois très-riches en argent, et peuvent contenir le métal, soit à l'état de chlorure, de bromure ou d'iodure, soit à l'état natif, soit enfin à l'état de sulfure simple ; ces différences conduisent à des modifications importantes dans la marche du traitement. Si les *colorados* ne contiennent que des chlorures, bromures ou iodures d'argent, on les considère comme irréductibles (*) au patio et on les

(*) Cette assertion que les sels de l'argent résistent à l'amalgamation à froid sur le patio, est contraire à la doctrine d'ouvrages importants qui ont traité de l'amalgamation américaine, elle est cependant conforme à l'observation.

Dans son ouvrage, M. Saint-Clair Duport dit en parlant du bromure d'argent : « Cette espèce est reconnue par expérience, être très-rebelle au patio. »

Dans des notes sur la métallurgie de l'argent publiées à Mexico (1853), un ingénieur allemand qui a dirigé des entreprises de mines importantes à Oaxaca, Bolaños, et Zacatecas, M. A. Spangenberg, dit aussi : La pratique de la méthode du patio (beneficio por

réserve pour l'amalgamation à chaud par le *cazo*. Si les minerais renferment du chlorure, du bromure, ou de l'iodure, en mélange avec du sulfure, la proportion des premiers composés étant prépondérante, on traite les minerais par le cazo d'abord, et on passe ensuite les résidus sur le patio. Mais si la richesse des minerais provient surtout du sulfure contenu, on n[illegible] le traitement par le *cazo* et on applique immédiateme[illegible]algamation à froid sur le patio, sauf à chercher, comme je l'indiquerai plus loin, à réduire le plus possible des sels de l'argent par l'emploi d'amalgames métalliques. Le traitement par le patio est surtout simple et facile lorsque les colorados ne renferment que du sulfure d'argent simple mêlé à des oxydes de fer. Les réactions sont peut-être alors un peu instables, c'est-à-dire qu'elles peuvent dégénérer par le moindre excès de réactifs, mais entre les mains d'un azoguero habile le résultat est certain, les pertes en argent ne dépassent guère 12 p. 100 du métal contenu, et la consommation du mercure peut être maintenue entre 110 et 125 p. 100 de l'argent retiré.

Les *negros* comprennent tous les minerais contenant une forte proportion de sulfures métalliques; ils proviennent généralement de la région profonde des filons, et ne renferment jamais de chlorure, de bromure, ou d'iodure d'argent. Ils

---

patio), enseigne que tous les minerais qui contiennent l'argent combiné avec du chlorure (argent vert), ne sont pas réduits sur le patio et laissent des résidus très-riches.

(La práctica del beneficio por patio, enseña que todos los metales que contienen la plata combinada con cloruro (plata verde) no entran en beneficio en el patio, y dejan residuos muy ricos).

Enfin dans une brochure, (application de la chimie et de l'électricité au traitement des minerais d'argent [Mexico, 1858]), un ingénieur anglais, dont l'expérience est appréciée au Mexique, M. J. Bowring, dit encore : Les chlorures et bromures d'argent peuvent se réduire facilement sur le patio par la méthode ordinaire, *si on les convertit d'abord en sulfures* par le moyen d'un sulfure alcalin (los cloruros y bromuros de plata se pueden beneficiar fácilmente en el patio por el método comun si se convierten primero en sulfuros por medio de algun sulfuro alcalino).

peuvent, comme à Guanajuato, ne contenir que du sulfure simple d'argent ou de l'argent antimonié sulfuré noir sans autres espèces argentifères et sans mélange, sauf les pyrites de fer, d'aucun autre sulfure métallique; dans ce cas, ils sont de traitement facile, et les résultats sont comparables à ceux que donnent les colorados sulfurés. Mais souvent aussi, comme à Zacatecas, Los A[illegible]s, Ta[illegible]o, etc., ces minerais noirs renferment l'argent [illegible] de [illegible]lfure complexe, mêlé de blende et de galène, avec des pyrites de fer ou de cuivre oxydables à l'air, en présence de l'eau salée du patio. Dans ce cas le traitement par le patio devient très-difficile; il exige beaucoup de temps et de réactifs, détruit une grande quantité de mercure, et ne donne jamais que de mauvais rendements en argent.

On peut alors chercher à ramener ces minerais *negros* au cas des minerais *colorados*, pour lesquels le traitement réussit si bien, en les grillant à une température très-ménagée au four à réverbère. On facilite certainement ainsi les réactions de l'amalgamation, mais on crée une nouvelle cause de perte d'argent, les pertes par volatilisation qui deviennent quelquefois énormes par suite de l'abondance de la blende et des arsenio-sulfures. On augmente aussi et dans une très-forte proportion la consommation du mercure, par suite de l'excès de sels métalliques acides que le grillage introduit dans les minerais, il faut enfin supporter les frais du grillage toujours très-élevés au Mexique; de sorte que, théoriquement bonne, l'opération du grillage pourra quelquefois ne pas être profitable.

Je supposerai d'abord, sauf à examiner ensuite les cas plus complexes, qu'il s'agit de minerais ayant une composition simple, réellement propres à l'amalgamation sur le patio, ne renfermant par conséquent que de l'argent sulfuré simple, ou de l'argent antimonié sulfuré noir, disséminés dans une gangue pierreuse inerte pendant les réactions.

Préparation des minerais à l'amalgamation. Les minerais

au sortir de l'arrastra de porphyrisation forment une boue trop liquide pour pouvoir être immédiatement soumise au travail de l'amalgamation. On conduit donc, ou on porte, cette boue sur le *patio*, qui est une vaste cour soigneusement dallée en briques sur un fond de béton imperméable, et on l'y contient avec de longues poutres disposées en carré, et formant une sorte de bassin provisoire, maintenu à l'extérieur par de grosses pierres et rendu étanche avec du fumier.

Quand on a réuni dans un de ces dépôts la quantité de minerai destiné à une opération, on l'abandonne jusqu'à ce qu'il ait pris une consistance convenable, par l'évaporation de l'eau en excès; sept à huit jours suffisent pour cela au Mexique. On enlève alors les poutres, et le minerai assez ferme pour ne pas trop se répandre, s'étale sur les dalles du patio sous forme d'un vaste pâté de boue, c'est la *torta* des amalgameurs mexicains.

Le poids du minerai réuni pour faire une torta est variable suivant les districts, mais est toujours considérable ; ce poids est de :

500	charges soit. .	69.000	kilogrammes à	Regla, Real del monte.
85	montones (*).	125.000	id.	Guanajuato.
75 à 150	id. . .	69 à 138.000	id.	Zacatecas.
60	id. . .	55.200	id.	Fresnillo.

Ces poids sont d'ailleurs indifférents; les réactions marchent avec les mêmes caractères, et la même régularité dans une torta de 10 kilogrammes que dans le plus grand

(*) Le monton est l'unité de poids adopté pour les minerais, dans les usines du Mexique. Cette unité est de :

30	quintaux	mexicains	à Real del monte,	soit	1.380	kilogr.
32	id.	id.	à Guanajuato	id.	1.472	id.
20	id.	id.	à Catorce	id.	920	id.
20	id.	id.	à Zacatecas	id.	920	id.
20	id.	id.	à Fresnillo	id.	920	id.

tas de minerai. La condition essentielle c'est que les boues métalliques n'aient sur le patio qu'une épaisseur de $0^{m},20$ à $0^{m},30$ tout au plus; la raison pratique de cette nécessité est la suivante.

L'amalgamation est toujours plus avancée près de la surface que dans l'intérieur des minerais, et nous verrons plus tard qu'elle progresse suivant l'action oxydante de l'air extérieur. Si la torta a peu d'épaisseur, on peut par des retournages fréquents de la masse (*volteadas*), la maintenir toute entière dans un état homogène au point de vue des réactions. Les caractères qu'elle présentera en tous ses points seront alors concordants; ils pourront servir de guide pour la conduite de l'opération. Si au contraire la torta est très-épaisse, si elle a $0^{m},60$ seulement de profondeur, il ne sera pas possible de maintenir les réactions au même degré d'avancement dans toute l'épaisseur, le maître amalgameur n'aura devant lui que des caractères contradictoires, il deviendra en quelque sorte impossible de conduire l'opération.

La consistance que doit avoir la *torta* se détermine par ce caractère empirique, qu'une mule engagée dans son intérieur doit facilement pénétrer jusqu'aux dalles du *patio*, y marcher sans trop de peine, tout en laissant derrière elle des traces persistantes pendant quelques secondes.

Dans ces conditions, 250 livres de boue métallique prélevées dans une torta en cours de travail, à l'usine de Loreto à Pachuca (*), m'ont donné, après dessiccation complète, 185 livres de résidus, ce qui assigne 35 d'eau pour 100 de minerai sec.

Une expérience analogue, faite à Guanajuato, où les *tortas* sont un peu plus fermes, mais où la mouture est aussi bien plus fine qu'à Loreto, m'a donné 33 d'eau pour 100 de minerai.

(*) Voir, pour les localités, l carte du Mexique, Pl. V, *fig.* 1.

Nous verrons, par la suite, que l'on ne peut pas s'écarter beaucoup du degré de consistance auquel ces proportions correspondent, sans compromettre la marche des réactions. Dans ces conditions, et avec l'épaisseur ordinaire de $0^m,25$ à $0^m,30$, que doit avoir le minerai, une torta de 55 tonnes occupe un cercle de 18 vares, 15 mètres environ de diamètre (*).

Répartition des réactifs. — Le premier réactif introduit est le sel, puis vient le magistral, et enfin le mercure.

A moins d'une connaissance parfaite des minerais, de leur composition métallique et de leur richesse en argent, à moins aussi d'une habileté très-grande pour la conduite des opérations, on se garde d'employer, dès le début, la quantité de réactifs qui serait nécessaire pour mener à fin l'opération. De peur d'en mettre un excès toujours nuisible, on n'en introduit, d'abord, que la proportion strictement nécessaire pour déterminer seulement un commencement d'amalgamation ; puis, pendant toute la durée du travail, par des additions successives de magistral et de sel, on stimule l'énergie des réactions, en même temps qu'on ajoute peu à peu le mercure nécessaire pour absorber l'argent produit.

La proportion de sel employée dès le début de l'opération varie fort peu, même pour des minerais très-dissemblables de nature et de richesse en argent.

Au *Fresnillo*, pour des minerais ordinaires dont la teneur en argent s'abaisse fort souvent à 12 onces par monton,

(*) Cet espace nécessaire aux tortas, joint au temps pendant lequel elles restent en réactions, conduit à de très-grandes surfaces, pour l'étendue nécessaire aux usines ; ainsi la cour d'amalgamation du Fresnillo ne mesure pas moins de 20.000 mètres quarrés. Ces emplacements sont souvent très-difficiles à préparer dans le voisinage des mines ; à Pachuca, par exemple, pour construire le *patio* de l'usine de Loreto, à proximité des puits d'extraction des minerais, la compagnie de Real del monte dépensera, dit-on, plus de 5 millions de francs.

soit 37 ½ grammes pour 100 kilogrammes, on débute par 5 p. 100 de sel brut du Peñon blanco équivalant à 3 ¼ p. 100 de chlorure de sodium pur.

A *Zacatecas*, avec des minerais chargés de sulfures, (blende, cuivre pyriteux), et rendant 125 à 130 grammes d'argent aux 100 kilogrammes, pour une torta ordinaire de 69 tonnes de minerais, on verse dès le début 30 charges du même sel brut du Peñon, ce qui revient à un emploi de 4,3 p. 100 de chlorure.

A *Guanajuato*, où les minerais sont libres de sulfures, libres surtout de blende, on répand sur les tortas, au commencement du travail, en mêmes sels du Peñon, l'équivalent environ de 3 ½ p. 100 de chlorure pur.

A *Pachuca*, à l'usine de Loreto, où l'on traite des minerais cuivreux et blendeux, souvent très-difficiles à l'amalgamation, on débute par 4 p. 100 de sel de Texcoco, tenant en moyenne 80 à 85 p. 100 de chlorure; ces sels bruts sont fortement alcalins.

Le sel se répand à la pelle, et bien uniformément sur toute la surface de la torta, puis on donne un *repaso*, c'est-à-dire que l'on fait fouler les minerais par de nombreuses mules, et qu'on les fait ensuite retourner à la pelle (*).

(*) Dans quelques usines de faible importance, ce travail du repaso se fait avec des hommes foulant les minerais à très-petits pas, et les pieds nus. On opère alors par très-petits tas de 20 quintaux (920 kilog.) que l'on livre à un ouvrier. On retourne le minerai après trois repassages, puis on le relève en forme de cône pour le préserver d'une évaporation trop rapide.

Dans d'autres districts, Catorce, los Angeles, où l'on traite sur le patio, après grillage au reverbère, des minerais très-pyriteux, les pieds des mules s'ulcèrent rapidement par l'action des sels métalliques produits au grillage, et le sabot tombe; l'emploi des animaux pour ce travail du repaso devient ainsi impossible; on les a remplacés par un appareil formé d'un long arbre, soutenu par deux roues inégales, l'une de plus petit diamètre placée près du centre de la torta, l'autre, d'un diamètre plus grand, roulant tout autour et en dehors du minerai; sur cet arbre, formant ainsi l'axe d'un cône tronqué dont le sommet fixe serait au centre de la

Le travail du repaso exige un train de 6 mules conduites par 1 homme et 4 manœuvres, pour de petites tortas de 600 quintaux de minerais (28 tonnes environ).

Il faut 9 chevaux ou mules et 6 manœuvres aux pelles, pour des tortas de 75 montones (45 tonnes).

Enfin pour des tortas de 60 tonnes et au delà, le travail du repaso exige 16 mules et 8 ouvriers pour le retournement.

Les mules tournent, au trot, autour de leur conducteur qui lui-même se déplace de façon à faire fouler uniformément la masse entière des minerais. Après trois heures de ce travail on retire les mules, les manœuvres retournent aussitôt les minerais avec des pelles de bois. Ce retournement se fait avec soin, de façon que le minerai du fond touchant aux dalles du patio soit ramené à la surface. Ce retournement achevé, on remet les mules et on les fait aller pendant trois nouvelles heures. Donner un *repaso* veut donc dire fouler la torta pendant six heures, sous les pieds des chevaux, avec retournement intermédiaire à la pelle.

Au lendemain qui suit l'introduction du sel, on relève les bords de la torta à la pelle, et l'on fait marcher les mules pendant une demi-heure, pour assurer l'égale répartition de l'eau salée. Dans certaines usines, on attend encore vingt-quatre heures, puis on introduit le *magistral*.

C'est surtout l'emploi de ce réactif qui exige une grande

---

torta, sont montées six ou huit autres roues réduites à leurs rayons, lesquels sont contournés à leur extrémité dans des plans différents de façon à atteindre toute la surface des minerais. Deux mules attelées à l'axe du cône, en dehors de la roue extérieure, font mouvoir l'appareil qui pétrit les minerais en roulant sur la torta; il paraît cependant que ce travail ne vaut pas celui que produit le piétinement des mules. On admet de même, dans les traditions des usines, que le travail de l'homme, triturant les tortas pieds nus, donne toujours un meilleur rendement en argent que le *repaso* des mules.

prudence; le moindre excès faisant aussitôt dégénérer les réactions.

A *Pachuca*, on emploie presque exclusivement le sulfate de cuivre pur provenant de l'atelier d'affinage de Mexico, pour les minerais traités à l'usine de Loreto, qui sont très-sulfurés, on met au début 6 livres de sulfate par monton, ce qui équivaut à 0,20 de sulfate pour 100 de minerai.

A *Guanajuato*, on emploie aussi et de préférence le sulfate des ateliers de départ. Les *azogueros* (maîtres amalgameurs) de ce district sont fort habiles et ne craignent pas de donner dès le début une très-grande énergie aux réactions; aussi pour des minerais très-peu sulfurés, bien plus dociles au travail que ceux de Pachuca, ils emploient au début 8 livres de sulfate par monton de 32 quintaux, soit 0,25 de sel métallique pour 100 de minerai.

Les usines de *Zacatecas*, de *Fresnillo*, etc., se servent du magistral préparé, comme je l'ai indiqué ci-dessus, par le grillage des pyrites cuivreuses de Tepezala. La proportion de ce réactif qui est employée, varie nécessairement suivant sa richesse en sulfate de cuivre; d'ordinaire cette proportion est comprise entre un demi et 2 p. 100 du poids du minerai.

L'énergie d'un magistral ne dépend pas seulement de la teneur primitive en cuivre des minerais employés à sa préparation; elle dépend aussi beaucoup des soins apportés au grillage. Dans la pratique actuelle des usines mexicaines l'expérience prouve que 5 livres de sulfate pur équivalent, comme énergie, à 25 livres du meilleur magistral.

Le magistral ou le sulfate finement broyés se répandent sur toute la surface de la torta. On donne immédiatement un repaso, d'une heure seulement, sans retournement.

On verse alors le mercure. Les azogueros de Guanajuato plus hardis parce qu'ils sont plus habiles, et qu'ils ont d'ailleurs à faire avec des minerais moins difficiles, introduisent, dès le début, tout le mercure nécessaire pour arriver

à l'épuisement de l'argent, et que l'expérience a démontré être de 6 parties de mercure pour 1 d'argent; mais dans la plupart des autres districts on a plus de prudence, on ne verse au début que les deux tiers de cette quantité, soit 4 de mercure pour 1 d'argent à extraire; cette quantité d'argent étant établie par l'essai préalable des minerais, ou simplement évaluée d'après les rendements pratiques des opérations antérieures.

Le mercure se répand, en pluie fine, sur toute la surface de la torta, en enfermant le métal dans un sac de toile serrée et le secouant au-dessus des minerais.

Immédiatement après l'addition du mercure on donne un repaso de six heures.

La torta est alors, suivant l'expression des ***azogueros***, incorporée; elle est en ce moment abandonnée à elle-même, jusqu'à ce que, d'après les essais qu'il va faire tous les jours, l'azoguero juge à propos d'intervenir, soit pour activer les réactions, soit pour les ralentir.

Travail des tortas. — Minerais simples. — Caractères d'une opération régulière (*). — Pour conduire l'opération du patio, en suivre avec certitude les moindres progrès, il suffit de laver une petite quantité de minerais, de mettre en évidence, par ce lavage, les sulfures métalliques et le mercure qu'on y a mêlé, et d'observer avec soin les caractères qu'ils présentent.

Ces essais (*tentaduras*) se font tous les matins; on prélève à cet effet dans la torta, dans tous les sens et à toute profondeur, une demi-livre environ de boue métallique. Cette prise d'essai moyenne est placée dans une sébile en poterie, dans une calebasse ou une corne de bœuf ouverte dans le sens de sa longueur et submergée dans une eau limpide. On la débourbe, évitant de frotter les boues en-

(*) Les explications qui suivent sont données en dehors de toute préoccupation théorique; elles dérivent de la seule pratique du *patio*.

semble ou contre les parois du vase, puis on lave de façon à éliminer toutes les gangues pierreuses ; relevant alors la sébile, où l'on ne conserve qu'une très-petite quantité d'eau, on arrive facilement avec un peu d'habitude à classer le dépôt métallique ainsi séparé en trois parties essentielles, savoir (*fig.* 7, Pl. II) :

1° En tête de tout le dépôt une sorte de croissant délié *abdc*, de limaille métallique très-fine (*Limadura*), qui est le guide essentiel à bien suivre.

2° En dessous le dépôt *mndp* des sulfures qui contiennent l'argent.

3° Puis enfin reposant sur les pyrites de fer ou sur les derniers grains pierreux non éliminés RS, une goutte de mercure D.

Les caractères utiles que présentent chacun de ces trois dépôts sont : la couleur et la façon dont ils se conduisent lorsque isolés au moyen de l'eau sur un côté de la sébile ils sont frottés avec force contre les parois du vase.

Si on fait l'essai de la torta immédiatement après le *repaso* qui suit l'introduction du mercure (admettant, comme je l'ai supposé, un dosage exact de sel et de magistral) ces trois parties du dépôt apparaîtront avec les caractères suivants : la limaille métallique *abdc* sera en gouttelettes fines de couleur légèrement grise; frottées avec le doigt, ces gouttelettes s'échapperont en tous sens, seront extrêmement mobiles et iront se réunir au fond de la sébile en globules de mercure. Le dépôt *des sulfures mndp* ne présentera aucune modification apparente, mais si le minerai est très-riche, et si la torta se trouve dans d'excellentes conditions, frottés avec force ces sulfures laisseront dégager de fines parcelles de mercure. L'indication la plus importante pour ce début de l'opération sera tirée du mercure D réuni au bas du dépôt ; le métal devra se présenter en une goutte ramassée presque sphérique, sa couleur sera le *gris très-légèrement cendré ;* frotté avec force, il ne donnera générale-

ment aucun résidu d'amalgame d'argent, mais il ne devra dégager aucun nuage au sein de l'eau limpide conservée dans la sébile.

Au jour suivant, soit vingt-quatre heures après l'addition du mercure, ces caractères sont tout autres. La limaille n'a pas la couleur terne et grise, elle est brillante et comme granuleuse, comprimée contre la sébile elle laisse couler du mercure métallique, mais elle donne de plus des lamelles d'amalgame. Les sulfures paraissent toujours inaltérés, mais, frottés avec force, ils laissent adhérentes à la sébile des traces d'amalgame d'argent. Le globule de mercure a pris une couleur gris de perle assez accentuée; frotté sous l'eau, s'il dégage un nuage grisâtre, ce nuage devra *être léger;* comprimé avec force, il donne de l'amalgame d'argent.

La torta restant en repos, les mêmes caractères se retrouvent au jour suivant, seulement la limaille métallique est devenue plus ferme, plus granuleuse. Elle peut même être entièrement sèche, c'est-à-dire ne plus donner de mercure coulant par la compression. A ce moment il faut donner à la torta un repaso de six à huit heures.

Au jour qui suit le repaso, la limaille est devenue plus fluide, moins riche en argent sous la pression du pouce, les sulfures métalliques ont diminué de volume, ils doivent toujours donner par friction du mercure et des traces d'amalgame, enfin le globule de mercure a pris une allure pâteuse, il s'est chargé d'argent, il a dû conserver sa couleur grise.

L'effet du repaso a donc été d'appauvrir d'argent la limaille métallique supérieure et d'enrichir le corps même du mercure, celui qui est susceptible de se réunir en masse par l'effet du lavage.

On continue ainsi pendant huit à quinze jours, donnant un repaso tous les deux ou trois jours, suivant les exigences de l'essai fait chaque matin, et l'on arrive, après ce temps,

à obtenir une limaille métallique tout à fait sèche, et un globule de mercure également transformé en amalgame d'argent solide. Il faut alors introduire une nouvelle dose de mercure : c'est ce qu'on appelle *cebar*.

On peut à ce moment répandre sur la torta tout le complément de mercure nécessaire pour arriver au terme de l'opération, soit 2 parties de métal pour 1 d'argent contenu; mais on peut aussi, et c'est toujours plus prudent, n'additionner que la moitié de cette même quantité, on fait suivre cette introduction de mercure d'un repaso prolongé; puis on laisse la torta tranquille pendant deux ou trois jours.

Après ce temps, on retrouve dans la sébile les caractères de l'amalgamation progressive; l'auréole métallique supérieure s'enrichissant tous les jours en argent, que l'on réunit au mercure par le travail des mules, dès que cette limaille, très-fine au début, a pris avec le temps une fermeté suffisante; les sulfures argentifères se détruisant de plus en plus, et dégageant toujours, par la friction, du mercure ou de l'amalgame d'argent; le globule de mercure conservant sa couleur grise, et tous les jours donnant, quand on le comprime sous le pouce, un résidu plus abondant d'amalgame solide.

Après huit ou quinze jours, la deuxième dose de mercure ajoutée est devenue entièrement solide par l'argent absorbé; on procède à une nouvelle addition de métal, généralement la dernière, et les réactions précédentes reprennent leur cours, jusqu'à ce que les caractères des essais quotidiens viennent avertir que la torta a *rendu*, comme disent les *azogueros*, c'est-à-dire que les minerais ont livré tout l'argent que le patio pouvait extraire.

Les caractères de cette fin de l'opération, les plus délicats à saisir, sont les suivants :

Le croissant supérieur de limaille métallique a perdu sa couleur brillante, elle est devenue d'un gris terne ou

cendré; frottée contre le fond de la sébile elle se résout en une multitude de petits globules de mercure qui courent en tous sens et ne laissent aucune trace d'amalgame. Les sulfures argentifères ont disparu, et le résidu métallique (pyrites de fer, de cuivre, etc.) resté inaltéré, ne doit plus mettre en évidence la moindre trace de mercure métallique lorsqu'il est comprimé avec force. Enfin le mercure doit avoir conservé sa couleur grise très-légèrement cendrée.

Ces trois caractères doivent être simultanés; ils suffisent alors pour qu'on puisse affirmer la fin de l'opération.

La pratique du patio montre en effet avec évidence que la couleur gris cendrée du mercure et l'énergie des réactions qui amènent l'argent à s'amalgamer, quelles que soient du reste la nature réelle de ces réactions et la cause de cette altération du mercure, sont deux faits en quelque sorte réciproques; l'amalgamation ne commence que lorsque cette couleur apparaît, elle cesse si le métal reprend sa couleur blanche ordinaire. La persistance de la couleur grise à la surface du mercure, à la fin de l'opération, permet donc d'affirmer que les réactions capables de réduire le sulfure d'argent à l'état d'amalgame persistent encore dans l'intérieur de la *torta*. On a vu aussi que le premier indice de l'amalgamation prochaine de l'argent était l'apparition de globules mercuriels que l'on dégageait des sulfures métalliques en les frottant avec force. Tant que ce fait persiste, il y a *prendido*, disent les azogueros, c'est-à-dire qu'il existe, dans le corps même des sulfures, des particules métalliques auxquelles le mercure est devenu adhérent; dès que ce fait disparaît, c'est qu'il n'y a plus dans la torta que des matières pour lesquelles le mercure demeurera désormais inerte. Enfin si la lisière supérieure du dépôt au fond de la sébile, ne montre que du mercure coulant sous la friction, sans trace d'amalgame, c'est en vain qu'on ferait travailler les mules; on pourrait diviser le mercure, mais on ne l'enrichirait jamais, l'argent ayant

d'arriver au corps du mercure devant exister d'abord dans la *limadura* supérieure en tête du dépôt.

Ces caractères de l'essai à la sébile étant réunis et ayant persisté vingt-quatre heures, il n'y a plus qu'une décision à prendre, celle d'arrêter l'opération.

Cependant ces caractères de l'amalgamation qui finit sont assez difficiles à saisir. A mesure que les minerais s'épuisent d'argent, la limaille supérieure est de plus en plus fluide; les globules mercuriels qui la gagnent de plus en plus, rendent tous les jours plus difficile la séparation de l'amalgame d'argent qu'elle peut contenir, et qui peut ainsi échapper à l'observation, et dans ce cas, la torta pourrait encore retenir une proportion d'argent amalgamable fort importante. Les azogueros hésitent donc toujours à décider qu'il faut enlever la *torta*.

Pour s'éclairer davantage, on peut prélever sur la torta quelques dizaines de livres de minerais, en faire une petite torta d'essai, à laquelle on ajoute immédiatement un peu de sel, si on le juge utile, et toujours un peu de magistral. Vingt-quatre heures après on fait l'essai; si les caractères primitifs persistent, on a très-probablement atteint le terme de l'opération; mais, si l'amalgamation a recommencé, il faut faire à la grande torta des additions de réactifs proportionnelles, et suivre à nouveau le travail.

Dans quelques usines on s'entoure encore d'autres précautions : on lave quelques livres de minerais prélevées avec soin dans toute la torta. L'amalgame est séparé, séché et pesé; puis le mercure est expulsé sous le moufle, ou bien au chalumeau, dans un petit creuset d'essai pour or. L'argent obtenu est pesé. On connaît le mercure total répandu dans la torta; d'après l'expérience qu'on a des minerais, on évalue la perte du métal pendant le traitement; il est donc facile de calculer le poids actuel de l'amalgame total et de l'argent qu'il produira. Ces essais sont un simple contrôle, car s'ils indiquent que l'amalgamation doit

être continuée, et si en même temps elle ne veut plus progresser quoiqu'on fasse, ils n'indiquent pas le remède, et il faudra bien enlever la *torta*.

Accidents qui peuvent se produire pendant l'amalgamation. — Les accidents qui se produisent dans le cours de l'amalgamation proviennent des causes suivantes, savoir :

1° Un dosage inexact des réactifs; 2° un abus des repasos; 3° une variation considérable dans la température extérieure; 4° un changement inconnu dans la composition des minerais.

Dosage inexact des réactifs. — Le réactif qui gouverne l'opération du patio est le magistral; de son emploi dépendent en très-grande partie les pertes en mercure, et le rendement en argent.

Si le magistral manque, le mercure ne présente plus cette couleur gris perle, caractère d'un bon travail; sa surface est lisse, sa couleur est blanche, puis à la longue, devient jaune bronzée et quelquefois irisée. *La tourte a froid*, disent alors les azogueros. De fait l'amalgamation ne progresse plus; la correction est facile, on met un peu de magistral et on donne un repaso.

Si le magistral est en excès, le mercure prend une couleur gris de cendre obscure, sa surface est pulvérulente; frotté sur le fond de la sébile le métal dégage au sein de l'eau un nuage grisâtre abondant, prompt à se précipiter; la limaille métallique en haut de la sébile a la même couleur, et le mercure qu'elle contient refuse par la friction de se réunir en globules. *La tourte a trop chaud*, disent les azogueros, et cet état exige un prompt remède, car, s'il se prolongeait, les pertes en mercure deviendraient énormes, et l'opération entière serait compromise. On arrête le mal en faisant répandre sur la torta de la chaux ou du cuivre de cément en suspension dans l'eau, puis en donnant un bon repaso. L'emploi de la chaux exige une grande habitude; le moindre excès paralyse immédiatement l'amalgamation

et cause toujours dans le résultat final une très-grande perte en argent. Si l'amalgamation s'arrête, par suite d'un excès de chaux employé, on ne peut renouer les réactions qu'en introduisant une nouvelle dose de magistral; mais alors l'azoguero est sans guide, car il ignore l'excès de chaux qui peut encore rester libre dans la torta, et il court grand risque de dépasser le but, de reproduire cet état de réactions trop actives qu'il avait à combattre. Le cuivre métallique n'a pas ces inconvénients : aussi bien que la chaux il arrête, aussitôt, l'altération que subit le mercure lorsque le magistral est en excès; il ne cause jamais de diminution dans le rendement en argent, et si l'on en met un excès, en laissant la torta quelques jours en repos, on la verra reprendre d'elle-même les allures d'un travail régulier.

Le dosage du sel ne présente pas d'aussi grandes difficultés que ce dosage du magistral. Si le sel manque, les réactions se poursuivront lentement, mais avec régularité; s'il est en excès, elles seront énergiques et rapides; la torta, comme disent les azogueros, marchera vite sans avoir ni chaud ni froid. Si donc, on voulait arriver vite à l'argent, on pourrait accélérer le travail en exagérant la dose de sel; cependant, si l'excès est trop fort, on tombe dans un inconvénient grave : le mercure se divise avec une très-grande facilité, et les pertes en deviennent très-considérables.

L'azoguero doit se tenir autant en garde contre l'excès de mercure que contre l'excès de magistral. Si dans l'une des additions successives du métal, il a dépassé, de peu de chose, la quantité nécessaire, au jour suivant la limadura apparaîtra pâle et chargée de mercure, et bien qu'elle puisse contenir de l'argent, elle sera tellement fluide qu'il sera très-difficile de l'y constater. Ces caractères sont ceux de l'épuisement de la torta, et si l'azoguero n'y prend garde, il enverra laver des minerais peut-être encore très-

riches en argent. S'il consulte cependant le dépôt des sulfures métalliques, dans le cas de cette erreur commise d'un excès de mercure, il y trouvera encore du mercure adhérent au minerai, preuve certaine de la présence de l'argent amalgamable, il devra alors laisser la torta longtemps en repos, puis lui donner des repasos très-lents; il verra ainsi reparaître l'argent dans la limaille de la sébile, et aura retrouvé son guide. Cependant si l'excès de mercure ajouté est considérable la torta sera en quelque sorte noyée, la *limadura* disparaîtra entièrement; on ne trouvera dans la sébile que du mercure très-divisé, et le corps du métal (*) lui-même sera tellement fluide qu'on ne pourra plus apprécier la proportion d'argent qu'il contient. Cet état de choses n'a guère de remède; il faut alors ou s'arrêter ou mettre une dose élevée de magistral et faire *repasser* avec force, c'est-à-dire détruire des masses énormes de mercure, sans être sûr de pouvoir remettre la torta en bon état. On préfère alors s'arrêter, sauver le mercure et sacrifier l'argent, sauf à aller le reprendre dans les résidus, comme il sera dit ci-dessous.

Abus des repasos. — Les repasos ont d'abord pour effet, ainsi qu'on l'a vu, de réunir au corps du mercure les parcelles d'amalgame qui prennent naissance au sein des minerais, y restent disséminées tant que la torta est en repos, et se montrent dans la sébile sous forme d'un croissant de limaille métallique brillante. Si le repaso a été trop énergique, cette limaille disparaît entièrement, l'azoguero perd son guide, et dit alors que la torta s'est *évanouie* (*se ha desmayado*). En été et avec des minerais un peu riches, deux ou trois jours de repos suffiront pour que la limaille reprenne corps et que l'allure des réactions redevienne régulière; par une saison froide et avec des minerais pauvres,

(*) Par ces mots je veux désigner le mercure qui se réunit en globule, par l'effet du lavage.

la torta court grand risque de s'*échauffer*. En outre de cet effet purement mécanique, le travail des mules exerce une influence directe sur les réactions et active leur énergie. En effet, le mercure est toujours d'une couleur cendrée plus obscure après le repaso. Cette opération équivaut donc à une addition de magistral; la conséquence de son abus est aussi d'échauffer la torta, mais dans ce cas il est inutile d'avoir recours à la chaux ou au cuivre, il suffit de laisser la torta quelques jours en repos pour faire cesser l'altération trop active du mercure.

Variations de température.—La durée de l'amalgamation est d'autant plus courte que la température moyenne du lieu où l'on se trouve est plus élevée. A Zacatecas, à l'usine de la Granja, les minerais *nobles* de la mine de Quebradillas sont réduits en douze jours pendant l'été; il en faut vingt-deux à vingt-quatre pendant l'hiver. On serait par là conduit à conclure qu'une élévation de température donnant une plus grande énergie aux réactions, il faudrait pendant l'été *moins* de magistral que pendant l'hiver. L'observation prouve que c'est le contraire qui a lieu, c'est un fait bien constant. Pendant l'hiver l'amalgamation est retardée, et cependant si la température se rapproche de zéro les tortas s'échauffent immédiatement. A l'époque des froids, au lieu d'accroître la dose de magistral, il faut donc en ménager beaucoup l'emploi, ou bien, ce que l'on fait autant que possible, réserver pour cette saison les minerais *negros* chargés de sulfures, pour lesquels un excès de magistral n'est jamais si dangereux.

Variations dans la nature des minerais.—Pour donner une idée des accidents qui peuvent provenir d'un changement de composition dans la nature des minerais, il me suffira d'indiquer la part d'influence qui revient à chacune des gangues terreuses ou métalliques qui sont les plus habituelles (*).

(*) Je continuerai à faire abstraction de toute considération théorique, indiquant les résultats acquis à la pratique.

Le quartz et les gangues siliceuses sont les plus favorables; l'argile communique aux boues une plasticité dangereuse qui pousse à l'extrême la division du mercure et cause ainsi de grandes pertes du métal; la dolomie abondante dans certains filons est inerte; la chaux carbonatée pure, qui est la gangue exclusive de certaines mines, comme à *Tétéla del Oro*, se laisse attaquer par le magistral, et rend alors le travail très-difficile. Les terres acides tirées de vieux remblais intérieurs ne peuvent pas être immédiatement envoyées au patio; il est nécessaire de les saturer par de la chaux.

Les pyrites de fer permettent de charger ortement la torta en magistral, d'imprimer dès le début une grande énergie aux réactions (*encadenar fuerte*), sans que la torta arrive à s'échauffer. Les pyrites de cuivre résistent au début; il faut augmenter le magistral, retourner souvent les boues; le plus souvent elles s'attaquent après quelques jours d'exposition sur le patio, et immédiatement la torta s'échauffe; on fait aussitôt intervenir le cuivre de cément. La blende est des plus dangereuses; il est difficile de traiter sur le patio un minerai blendeux sans perdre 175 à 180 de mercure, pour 100 d'argent retiré. La blende est essentiellement *froide*, c'est-à-dire que sa présence exige un excès de magistral qui est presque immédiatement détruit; l'opération est des plus irrégulières; on ne peut la conduire qu'en se maintenant toujours avec les caractères de la torta *échauffée*, si la blende est blonde et très-abondante, le minerai devient absolument intraitable au patio.

Formation progressive de l'amalgame d'argent dans l'intérieur de la torta. — L'amalgame d'argent ne se forme pas d'une manière uniformément progressive pendant toute la durée du travail; très-rapide au début, elle est extrêmement lente vers la fin de l'opération. Il n'est pas rare au Fresnillo, pendant la belle saison, de voir la première dose de mercure introduite dans la torta entièrement convertie en amal-

game sec quarante-huit heures après le commencement de l'opération, et par conséquent d'obtenir après ce temps les deux tiers de l'argent qui sera produit. Les azogueros de Zacatecas admettent que pour un minerai facile, devant rendre son argent en douze jours, le mercure contient, après deux jours, la moitié de l'argent.

On peut d'ailleurs se rendre compte, avec précision, de cette marche de l'opération. Il suffit de faire prélever, avec soin, un échantillon moyen de la torta en travail, assez volumineux pour qu'il puisse produire 7 à 8 grammes de mercure. La prise d'essai a lieu après un repaso. Les boues sont lavées; le mercure plus ou moins riche en argent séparé et pesé, et les eaux de lavage recueillies. Après un repos suffisant, les eaux claires sont décantées et les résidus desséchés et pesés. Le mercure obtenu est expulsé au chalumeau sur une petite coupelle des essais pour argent, et le bouton de retour qu'on arrive le plus souvent à fondre est considéré comme de l'argent pur. Les résultats permettent de calculer l'argent total que la torta entière contient déjà combiné au mercure; l'expérience prouve que ces résultats sont suffisamment concordants.

A Guanajuato, une torta de minerais nobles formée de :

Minerais. . . . . . 91 montones 9 1/2 quintaux, soit. . . . . . 134^t,38

qui, le 28 septembre avait reçu, dès le début, le mercure total qui lui était nécessaire, soit :

Mercure. . . . . . 2.550 livres. . . . . 1.173 kilog.

Essayée comme il vient d'être dit, donna :

	kilogr.	
Le 11 octobre.	148,12	d'argent amalgamé.
Id. 24 octobre.	154,56	id.
Id. 26 octobre.	157,78	id.
Id. 27 octobre.	159,16	id.
Id. 1er novembre.	159,62	id.

Et ce jour l'opération fut décidée terminée.

En représentant par 100 l'argent total que la torta devait produire, on voit :

Qu'après 12 jours. . . . . 92,79 p. 100 de l'argent étaient amalgamés.
après 25 jours. . . . . 97,55 p. 100 id.
après 27 jours. . . . . 98,84 p. 100 id.
après 28 jours. . . . . 99,70 p. 100 id.
après 33 jours. . . . . 100,00 p. 100 id.

Cette expérience concorde avec les essais que l'on fait dans quelques usines, ainsi que je l'ai indiqué ci-dessus, vers la fin de l'opération, pour décider plus sûrement s'il faut arrêter le travail.

Le tableau suivant donne quelques-uns de ces résultats provenant de l'usine de San-Juan à Guanajuato.

Formation progressive de l'amalgame d'argent dans l'intérieur des Tortas.
Minerais de Guanajuato.

POIDS des tortas en tonnes.	TENEUR des minerais en argent pour 100 kilogr.	DURÉE du traitement. — Jours.	POIDS DE L'AMALGAME formé pendant		PROPORTION pour 100 d'amalgame retiré pendant les deux premiers tiers de l'opération.
			les deux premiers tiers du temps.	le dernier tiers du temps.	
tonnes.	grammes.		kilog.	kilog.	
116,40	115	52	123,44	5,74	95,5
114,90	143	46	131,95	10,11	92,8
104,47	82	35	71,26	5,97	92,25
134,32	128	33	148,04	7,12	95,4
106,57	116	36	119,53	8,96	93,0
79,37	123	33	88,50	8,04	91,7
656,03	»	»	682,72	45,94	93,6

Les réactions qui amènent l'amalgamation de l'argent dans la torta, ne sont donc pas dues à des affinités faibles exigeant un très-long temps pour se propager dans la masse entière des minerais; ces affinités sont, au contraire, très-énergiques, et une prolongation de temps très-grande semble même leur être contraire; car tous les azogueros savent que, toutes choses égales d'ailleurs, le rendement en argent sera d'autant meilleur que la durée du traitement de la torta aura pu devenir plus courte, sans qu'il soit pos-

sible de décider si ce ralentissement de l'amalgamation, vers sa fin, est causé par l'appauvrissement des minerais, ou par l'altération de la liqueur saline primitive, à la suite de l'attaque des gangues métalliques des minerais.

Quantités totales de réactifs nécessaires à l'amalgamation. — J'ai précédemment indiqué les quantités de réactifs, sel, magistral, mercure, qu'il fallait employer pour mettre en marche l'amalgamation. Les tableaux suivants font connaître les quantités qui ont été nécessaires pour mener à fin l'opération.

L'un de ces tableaux, relevé à l'usine de la Granja à Zacatecas, se rapporte au traitement de minerais *negros* de la mine de Quebradillas, placés en quelque sorte à la limite de ceux qu'on peut directement amalgamer sur le patio, à raison de la grande quantité de sulfures métalliques contenus.

Le deuxième tableau résume le travail, pour une année entière, de l'usine San-Jozé à Guanajuato. Les minerais traités proviennent des mines de tout ce district; ils ne contiennent que du sulfure d'argent, quelques centièmes d'autres sulfures, pas de blende; ils sont essentiellement propres à la méthode (*).

Les repasos qui sont intervenus durant le travail, n'ont pas été notés; on peut admettre qu'il faut un repaso par deux jours et demi de durée du travail.

Les quantités de mercure employées sont celles qu'on a répandues dans la torta jusqu'au moment où l'azoguero a décidé les réactions achevées, à l'exclusion du supplément de métal que certaines usines ajoutent encore pour faciliter la réunion de l'amalgame formé.

Les poids indiqués de sel sont les poids de sels bruts du

(*) La plupart de ces minerais sont aurifères et cèdent une partie de leur argent au mercure versé dans les arrastras; les *teneurs de rendement* indiquées pour les minerais se rapportent au seul argent amalgamé sur le patio.

Peñon blanco, qu'on peut évaluer à 70 p. 100 de chlorure pour les qualités employées à Zacatecas, et 75 à 80 p. 100 pour celles consommées à Guanajuato.

Zacatecas. — Usine de la Granja. — Mine de Quebradillas. — Amalgamation sur le patio. — Minerais negros crus. — Tableau des tortas. — Réactifs employés.

Poids des tortas.	Sel total employé.	Magistral total employé.	Mercure employé pour l'amalgamation.	Durée totale du travail.	Argent total extrait.	Sel employé pour 100 de minerai.	Magistral pour 100 de minerai.	Mercure employé pour 100 de minerai.	Teneur de rendement en argent.
tonnes.	kilog.	kilog.	kilog.	jours.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	grammes p. 100 kil.
69,00	4.416	1.805	322	15	52,90	6,40	2,61	6,08	76,6
69,00	4.140	723	368	15	60,26	6,00	1,04	6,11	87,3
69,00	4.393	897	506	15	63,71	6,36	1,30	7,94	92,3
69,00	4.140	1.809	460	13	73,14	6,00	2,62	6,29	105,9
96,60	5.313	1.656	690	14	102,46	6,50	1,71	6,73	106,0
96,60	5.428	1.955	736	14	102,46	5,61	2,02	7,18	106,0
96,60	5.520	2.047	644	22	102,81	5,71	2,12	6,26	106,4
96,60	5.313	1.794	736	18	103,27	5,50	1,85	7,13	106,8
96,60	5.428	1.863	747	18	106,95	5,61	1,92	6,98	110,8
96,60	5.462	2.024	736	18	106,95	5,65	2,09	6,88	110,6
96,60	6.118	1 472	677	20	107,98	6,33	1,52	6,27	111,7
97,52	5.520	1.552	690	21	109,59	3,66	1,59	6,30	112,3
69,00	4.416	2.208	552	16	78,20	6,40	3,20	7,05	113,3
86,48	5.658	1 299	644	25	98,44	6,54	1,50	6,54	113,8
87,40	5.520	1.644	667	21	101,89	6,31	1,88	6,55	116,4
69,00	5.106	1.115	575	14	81,88	7,40	1,61	7,02	118,5
69,00	3.795	1.173	598	19	84,41	5,50	1,70	7,08	122,3
22,54	1.380	483	161	8	28,06	6,12	2,14	5,73	124,7
138,00	8.566	3.231	1.081	16	178,48	6,20	2,34	6,06	129,2
137,08	8.694	3.312	1.104	12	177,56	6,34	2,41	6,21	129,5
55,20	4.186	667	460	21	72,91	7,58	1,20	6,31	132,0
69,00	4.830	1.012	621	19	97,06	7,00	1,46	6,41	140,5
106,72	6.670	3.036	1.725	20	209,76	6,25	2,84	8,22	196,5
47,38	3.312	828	966	18	145,13	6,99	1,74	6,65	306,2
55,20	3.726	3.622	1.426	17	247,48	6.75	6,56	5,76	448,1
55,20	4.140	3.473	1.564	10	250,47	7,50	6,29	6,24	453,6
2.116,92	131.200	46.700	19.456	16	2.944,21	6,20	2,20	6,60	143,22

Guanajuato. — Minerais nobles. — Usine San Juan. — Tableau de tortas. — Réactifs employés.

Poids des tortas.	Sel employé.	Magistral employé.	Mercure employé.	Durée du traitement.	Argent extrait.	Sel pour 100 de minerai.	Magistral pour 100 de minerai.	Mercure employé pour 100 de l'argent.	Teneur de rendement en argent.
tonnes.	kilog.	kilog.	kilog.	jours	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	grammes p. 100 kil
110,40	4.864	2.426	485,09	38	51,40	4,40	2,19	9,43	46,50
99,61	3.116	2.024	496,80	40	48,75	3,12	2,03	10,22	48,60
121,44	4.772	3.703	667,92	36	70,15	3,93	3,05	9,52	57,70
126,63	5.290	3.576	691,77	48	77,99	4,17	2,82	8,86	61,60
135,14	5.842	3.392	739,78	33	89,47	4,32	2,46	8,26	66,20
120,24	4.922	2.254	622,84	43	79,58	4,09	1,87	7,82	66,20
130,40	5.934	1.391	784,76	45	88,55	4,55	1,06	8,86	67,90
130,41	5.750	2.116	784,76	36	[illegible],66	4,40	1,62	8,85	67,9
104,51	4.082	2.070	553,60	38	71,84	3,99	1,98	7,71	68,7
119,64	4.634	3.082	669,78	33	88,17	3,87	2,57	7,59	73,7
128,11	4.945	1.817	651,82	33	96,14	3,86	1,41	6,78	75,0
109,02	5.106	2.403	736,00	38	86,39	4,67	2,20	8,51	79,1
125,67	5.439	3.381	762,60	36	100,05	4,33	2,69	7,62	79,6
108,28	4.255	2.058	625,70	40	86,04	3,93	1,90	7,27	79,5
194,25	9.660	1.449	1.432,60	33	162,61	4,97	0,74 (2)	8,76	83,7
99,09	3.852	2.323	719,30	35	87,02	3,89	2,34	8,26	87,8
110,53	5.198	1.690	761,46	38	97,34	4,70	1,52	7,82	88,0
131,14	6.727	2.323	945,92	36	116,80	4,36	1,77	8,09	89,0
123,60	4.830	1.541	1.175,87	38	126,84	3,92	1,25	9,26	103,0
102,23	3.967	2.806	877,60	48	107,41	3,88	2,74	8,17	105,0
129,90	6.647	1.771	1.113,59	40	146,74	5,11	1,36	7,58	112,9
107,45	4.830	1.748	944,60	36	123,21	4,49	1,62	7,66	114,7
160,54	7.026	2.840	1.385,50	46	184,34	4,37	1,76	7,51	114,8
134,38	5.290	2.553	1.178,20	35	155,33	3,93	1,90	7,58	115,6
96,04	5.175	1.932	834,90	48	112,01	5,38	2,01	7,45	116,5
117,96	4.140	2.265	1.198,95	52	139,40	3,51	1,92	8,59	118,2
114,97	5.152	1.012	1.128,2	46	142,19	4,48	0,88 (1)	7,93	123,6
69,36	3.795	816	761,76	33	97,52	5,47	1,17	7,81	140,5
144,07	6.371	2.461	2.195,69	35	254,75	4,42	1,70	8,61	176,8
3.504,41	150.611	65.223	25.927,37	39	3.176,49	4,29	1,86	8,16	90,6

(1) et (2) Pour le travail de ces tortas, on s'est servi de sulfate de cuivre mêlé de magistral ordinaire.

Il ressort de ce qui précède que, tout au moins pour des minerais dont la teneur est comprise entre 50 et 500 grammes de fin aux 100 kilogrammes, les proportions de sel et de magistral nécessaires sont à peu près indépendantes de cette teneur.

On voit de plus que la durée de l'amalgamation est de plus de la moitié moins longue à Zacatecas pour des minerais rebelles qu'à Guanajuato, où les minerais sont do-

ciles. Les raisons de cette différence contradictoire, en apparence, se trouvent dans ce que j'ai précédemment indiqué; je vais les résumer.

A Zacatecas, à Quebradillas surtout, mine à laquelle se rapportent les nombres cités, les minerais sont chargés de sulfures métalliques, de blende surtout. Pour déterminer l'amalgamation dans de pareils minerais, il faut des doses élevées de sel et de magistral. La liqueur saline des tortas attaque alors le mercure avec une grande énergie; aussi le mercure est-il d'ordinaire à Zacatecas dans un état de couleur ou d'altération telle qu'un azoguero de Guanajuato ferait immédiatement intervenir la chaux ou le cuivre de cément. Dans ces conditions, l'amalgamation de l'argent ne marche, pour ainsi dire, qu'au prix d'une destruction très-active du mercure. Or, on a vu que vers la fin de l'opération la formation de l'amalgame d'argent est très-lente. Il arrive donc un moment où l'argent qui s'amalgame ne l'emporte plus, en valeur, sur le mercure qui se détruit. On arrête donc l'opération; on sauve le mercure; mais, comme nous le verrons plus loin, on laisse beaucoup d'argent dans les résidus.

A Guanajuato, les minerais sont moins sulfurés et bien plus dociles; ils n'exigent pas ces doses élevées de sel et de magistral, l'altération du mercure est bien moins active, et l'on peut prolonger l'opération tant que l'amalgame d'argent semble se former. On arrive ainsi à un rendement en argent très-satisfaisant; mais, comme on va le voir, la perte du mercure est toujours considérable.

Consommation du mercure. — La consommation du mercure ne peut être établie qu'à la fin de toutes les opérations, après le lavage des boues, la compression et la distillation de l'amalgame. En comparant alors le poids du mercure retrouvé à celui qu'on a successivement introduit dans la torta, on établit la perte totale.

Cette perte totale se compose des pertes partielles dues :

à la distillation de l'amalgame, à sa compression, au lavage des boues amalgamées, enfin à la destruction même du métal par les réactions du patio.

Les pertes causées par la compression de l'amalgame et par la distillation du mercure sont toujours très-faibles; l'expérience prouve même qu'elles peuvent être nulles si l'on opère avec soin. La consommation totale du mercure peut donc être portée tout entière au compte de deux causes, l'une mécanique au moment du lavage des boues amalgamées, et due en très-grande partie à l'extrême division du métal sous l'action des repasos, l'autre chimique, dérivant des réactions mêmes de l'amalgamation.

Les azogueros mexicains, faisant la même distinction, admettent que les réactions de l'amalgamation détruisent une quantité de mercure toujours égale au poids de l'argent retiré; c'est ce qu'ils appellent le *consumido*, perte pour eux inévitable, et ils attribuent aux pertes mécaniques le complément au déficit total constaté. C'est ce complément qu'ils désignent par le mot de *perdido*.

Prise dans son sens absolu, cette distinction est évidemment arbitraire; mais, en principe, elle repose sur ce fait bien certain que la consommation du mercure croît avec le rendement en argent. C'est ce qui résulte des tableaux suivants, où sont indiquées les quantités de mercure employées et perdues dans le travail d'un grand nombre de tortas à Zacatecas et à Guanajuato.

Pour les usines de Guanajuato, les quantités de mercure employées se bornent à celles nécessaires pour arriver, ainsi que je l'ai indiqué ci-dessus, au terme de l'opération. Pour celles de Zacatecas, ce premier emploi, *empleo*, s'augmente d'une addition supplémentaire de métal désignée sous le nom de *baño*, et que l'on introduit dans les tortas encore étendues sur le Patio, immédiatement avant leur lavage, pour faciliter la réunion de l'amalgame d'argent.

Dans les tableaux qui suivent, les tortas ne sont pas clas-

sées suivant l'ordre de leur traitement, mais suivant la neur en argent des minerais. Les poids relevés, dans notes des usines, ont été tous ramenés au kilogramme. Les pertes du mercure ont été ensuite rapportées : 1° à la tonne de minerais traités; 2° au kilogramme d'argent produit.

Zacatecas. — Usine de Quebradillas. — Usine de la Granja. — Amalgamation sur le patio des minerais negros crus.— Pertes de mercure.

Poids des tortas.	Argent produit.	Mercure empleo.	Mercure baño.	Mercure total employé.	Mercure perdu.	Mercure perdu par tonne.	Mercure per du pour 100 d'argent.	Teneur des minerais, grammes p. 100 kilog.	Durée du travail.
tonnes.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	gramm.	jours.
69,00	52,90	322	368	690	73,60	1,00	139,1	76,6	15
69,00	60,26	368	368	736	90,14	1,30	149,6	87,3	15
69,00	63,71	506	460	966	89,24	1,29	140,0	92,5	15
69,60	73,14	460	460	920	104,88	1,51	143,2	105,9	13
96,60	102,46	690	552	1.242	150,42	1,43	136,0	106,0	14
96,60	102,46	736	552	1.288	150,42	1,55	146,8	106,0	14
96,60	102,81	644	552	1.196	191,12	1,97	185,8	106,4	22
96,60	103,27	736	506	1.242	143,02	1,48	138,5	106,8	18
96,60	106,95	747	552	1.299	170,00	1,75	159,0	110,6	18
96,00	106,95	736	540	1.306	146,00	1,51	136,5	110,6	18
96,60	107,98	677	542	1.219	155,59	1,60	144,1	111,7	20
97,52	109,59	690	563	1.253	146,28	1,49	133,5	112,3	21
69,00	78,20	552	368	920	110,40	1,60	141,1	113,3	16
86,48	98,44	644	460	1.104	128,76	1,48	130,7	113,8	25
87,40	101,89	667	483	1.150	130,64	1,49	128,2	116,4	21
69,00	81,88	575	414	989	134,43	1,94	164,3	118,5	14
69,00	84,41	598	506	1.104	132,76	1,92	157,2	122,3	19
22,54	28,06	161	230	391	40,02	1,77	142,8	124,7	8
138,00	178,48	1.081	989	2.070	238,74	1,72	133,8	129,2	16
137,08	177,56	1.104	1.012	2.116	240,50	1,75	135,4	129,5	12
55,20	72,91	460	322	782	86,94	1,57	119,2	132,0	21
69,00	97,06	621	483	1.104	122,50	1,77	126,2	140,5	19
106,72	209,76	1.725	920	2.645	287,04	2,68	136,8	196,5	20
47,38	145,13	966	632	1.598	178,48	3,76	122,9	306,2	18
55,20	247,48	1.426	1.251	2.677	339,02	6,14	137,0	448,1	17
55,20	250,17	1.564	1.104	2.668	347,06	6,28	138,5	463,6	10
2.116,92	2.944,21	19.456	15.219	34.675	4.216,66	1,99	143,22	139,14	16

Usine de San Juan à Guanajuato. — Amalgamation sur le patio. Minerais nobles crus. — Pertes de mercure.

POIDS des tortas.	ARGENT extrait.	MERCURE employé.	MERCURE perdu par tonne.	MERCURE perdu pour un d'argent.	TENEUR des minerais. Grammes pour 100 kil.	DURÉE du travail.
tonnes.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	grammes.	jours.
110,40	51,40	485,09	1,00	216	46,50	38
99,61	48,55	496,80	0,65	134	48,60	40
121,44	70,15	667,92	1,19	207	57,70	36
126,63	77,99	691,77	1,19	193	61,60	48
135,14	89,47	739,78	1,39	211	66,20	33
120,24	79,58	622,84	1,14	173	66,20	43
130,40	88,55	784.76	1,18	174	67,90	45
130,41	88,66	784,76	1,18	174	67,90	36
104,51	71,84	553,60	1,02	118	68,7	38
119,64	88,17	669,78	1,43	190	73,7	33
128,11	96,14	651,82	1,29	173	75,0	33
109,02	86,39	736,00	1,55	196	79,1	38
125,07	100,05	762,60	1,51	190	79,6	36
108,88	86,04	625,70	1,26	159	79,5	40
194,25	162,61	1.432,60	1,36	163	83,7	33
99,09	87,07	719,30	1,28	146	87,8	35
110,53	97,34	761,46	1,45	164	88,0	38
131,14	116,80	945,92	1,46	164	89,0	36
123,60	126,84	1,175,87	1,80	174	103,0	38
102,23	107,41	877,60	1,57	149	105,0	48
129,90	146,74	1.113,59	1,88	180	112,9	40
107,45	123,21	944,60	1,78	155	114,7	36
160,54	184,34	1.385,50	1,45	127	114,8	46
134,38	155,33	1.178,20	1,70	147	115,6	35
96,04	112,01	834,90	1,82	156	116,5	48
117,96	139,40	1.198,95	1,93	159	118,2	52
114,97	142,19	1.128,2	1,71	138	123,6	36
69,36	97.52	761,76	1,91	136	140,5	33
144,07	254,75	2.195,69	2,48	140	176,8	35
3.504,41	3.176,49	25.927,37	1,47	162,6	90,6	»

L'influence de la richesse des minerais sur la consommation du mercure ressort des tableaux qui précèdent; sauf les variations toujours minimes causées par d'autres influences, la consommation est en rapport à peu près constant avec la quantité d'argent produit, ainsi :

pour 100 d'argent retiré on perd, à Zacatecas, 143 de mercure;
— id. — à Guanajuato, 162 id.

Et comme on a vu ci-dessus que le mercure employé dépendait de l'argent à extraire, il s'ensuit que la perte en mer-

cure est une fraction à peu près constante du poids qui en est répandu sur les tortas; cette perte ressort :

à 12 pour 100 à Zacatecas,
à 20 id. à Guanajuato.

Cette surélévation de la consommation du mercure à Guanajuato ne provient pas de difficultés plus grandes dans le travail des minerais, mais bien, comme je l'ai dit, de la prolongation donnée à l'amalgamation pour arriver à un meilleur rendement en argent.

Dépenses spéciales de l'amalgamation sur le patio. — A l'usine de *Bernardez* à Zacatecas, pour amalgamer 133 tortas, contenant ensemble 11.068 1/2 *montones*, soit 10.679,82 tonnes de minerais, du filon de Veta-grande, ayant rendu en moyenne $131^{g},92$ d'argent aux 100 kilog., il a été dépensé 61.486,44 piastres, soit 350.267 fr., ce qui donne $32^{f},79$ pour prix de revient de l'amalgamation de la tonne.

Les prix des principaux articles de dépense étaient :

Azoguero, 5 piastres par jour;

Contre-maîtres d'ateliers, 1 piastre par jour;

Manœuvres ordinaires, 1/2 piastre par jour;

Mercure, 58 piastres le quintal de 46 kilog.;

Sel, à 70 p. 100 de chlorure, 33 réales la charge de 138 kilog.;

Magistral, grillé à l'usine, revenant à 5,17 piastres la charge;

Maïs en grains, 18 réales la fanègue; $17^{f},60$ les 100 kilog.;

Paille 1 réal l'arrobe; $5^{f},87$ les 100 kilog.

Classées suivant onze comptes principaux, puis rapportées à la tonne de minerai traité, et évaluées en grammes de fin, ces dépenses se répartissent comme suit :

ZACATECAS. — AMALGAMATION DES TORTAS. — USINE BERNARDEZ.

1° *Dépenses spéciales totales, en piastres.*

		piastres.	tonnes.
Minerais amalgamés			10.679,82
1° Main-d'œuvre		6.741,76	
2° Attelage des mules		2.973,44	
3° Réactifs.	Sel	22.078,02	
	Mercure	24.063,27	
	Magistral	4.925,94	
	Chaux	20,64	
4° Fers et forge		168,50	
5° Maçon		52,12	
6° Cuirs pour transport des boues		94,50	
7° Animaux morts		144.00	
8° Menu matériel		224.25	
Ensemble		61.486,44	

2° *Dépenses, en grammes d'argent, et par tonne.*

		grammes.
1° Main-d'œuvre et contre-maître		16,132
2° Attelages		7,114
3° Réactifs.	Sel	52,830
	Mercure	57,581
	Magistral	11,787
	Chaux	0,049
4° Fers et forge		0,403
5° Maçon		0,125
6° Cuirs		0,226
7° Animaux morts		0,345
8° Menu matériel		0,537
Ensemble, dépenses en grammes de fin		147,129

A Guanajuato, à l'usine San Juan, pour des minerais rendant sur le patio 90 grammes d'argent aux 100 kilog., et pour les prix élémentaires suivants, savoir :

Mercure, 64 piastres le quintal ;

Sel brut, 8 1/4 piastres la charge (138 kilog.) ;

Magistral au prix de revient de l'usine, 1.086 piastres l'arrobe ;

Maïs, 2 1/2 piastres la fanègue, 19f,56 les 100 kilog.;
Fourrage, 1 3/4 réal l'arrobe, 10f,27 les 100 kilog.
Le travail des tortas a causé les frais suivants, savoir :

GUANAJUATO. — AMALGAMATION DES TORTAS — USINE SAN JUAN.

1° *Dépenses spéciales totales du patio, en piastres.*

		piastres.	tonnes.
Minerais amalgamés			3.853,42
1° Contre-maîtres et surveillance		527,50	
2° Main-d'œuvre à 1/2 piastre par jour		1.875,50	
3° Attelages des *repasos*		2.215,33	
4° Réactifs.	Mercure	8.007,00	
	Sel	9.441,00	
	Magistral	6.504,00	
	Sulfate de cuivre	181,43	
	Cuivre de Cément	50,07	
5° Maçon, réparations ordinaires		100,59	
6° Menu matériel		99,49	
Ensemble, dépenses totales de patio		29.001,91	

2° *Dépenses, en grammes d'argent, et par tonne.*

		grammes.
1° Contre-maîtres		3,50
2° Main-d'œuvre		12,44
3° Mules		14,69
4° Réactifs.	Mercure	53,10
	Sel	62,61
	Magistral	43,13
	Sulfate de cuivre	1,20
	Cuivre de Cément	0,33
5° Maçon, réparations ordinaires		0,67
6° Divers		0,66
Ensemble, dépenses du patio en grammes d'argent		192,33

Les deux usines d'où proviennent les nombres qui précèdent, soit par la nature des minerais qui y sont traités, soit à cause des traditions pratiques qui y règnent, peuvent être prises comme deux types auxquels se rapporteraient la plupart des autres exploitations. On peut donc admettre

que pour des minerais réellement propres à la méthode, et pour des prix moyens de denrées et de réactifs, l'amalgamation proprement dite sur le patio, ne doit pas coûter plus de 15 à 20 gr. d'argent par 100 kilog. de minerai.

Lavage pour la séparation de l'amalgame d'argent.—Dès que l'azoguero a déclaré qu'une torta est arrivée au terme de l'amalgamation, on la prépare au lavage.

On jette à cet effet quelques barils d'eau sur la *tourte;* si le mercure a une couleur cendrée trop intense, on ajoute un peu de chaux ou de cuivre métallique, puis on fait marcher les mules lentement et pendant une heure et demie à deux heures. On transforme ainsi la torta en boue très-fluide; par l'action du cuivre ou de la chaux, la surface du mercure redevient brillante, et sous l'action du repaso donné dans ces conditions, la poudre mercurielle qui pouvait exister extrêmement divisée et disséminée dans les minerais, se réunit en globules que le lavage arrive à séparer.

A Guanajuato, les tortas ainsi préparées sont immédiatement portées au lavoir; à Zacatecas, pour mieux réunir l'amalgame, on ajoute encore une nouvelle dose de mercure, le *baño*, égale à 75 ou 80 p. 100 de celle déjà employée, puis on donne un repaso. Cette pratique du *baño* ne paraît pas indispensable; pourvu que la torta renferme 8 de mercure pour 1 d'argent amalgamé, la fluidité de l'amalgame est suffisante pour en permettre la séparation au moyen d'un lavage convenable.

Le lavage des tortas se fait à Zacatecas dans des cuves de maçonnerie rigoureusement étanches (*fig.* 8, 9, Pl. II). Ces cuves ont $2^m,75$ de diamètre et $2^m,33$ de profondeur. Un arbre vertical tourne en leur milieu; cet arbre porte quatre bras horizontaux en croix, garnis de tiges verticales qui descendent jusqu'à $0^m,03$ du fond de la cuve. Par leur mouvement au milieu de l'eau bourbeuse qui remplit la cuve, ces sortes de râteaux maintiennent en suspension les matières les plus fines, pendant que l'amalgame d'argent et

quelques parties de minerais plus lourdes ou plus grosses se précipitent au fond. Le trou de décharge est placé à $0^m,20$, $0^m,30$ et $0^m,50$ du fond, suivant les usines et l'importance des tortas à laver.

L'arbre central de la cuve porte une lanterne commandée par la roue horizontale d'un manége à deux mules. Le diamètre de la roue horizontale est de $3^m,30$; celui de la lanterne, $1^m,05$; les bras des cuves vont ainsi, à peu près, trois fois plus vite que les mules. D'ordinaire deux cuves semblables et indépendantes, placées de chaque côté de la roue motrice, reçoivent le mouvement d'un même manége M, N, P, placé au-dessus des cuves et qu'on attèle de quatre mules.

La cuve étant remplie d'eau jusqu'un peu au-dessous de son bord supérieur, et les mules étant en mouvement à la vitesse de trois tours par minute, on charge le minerai amalgamé jusqu'à concurrence de 2.300 kilogrammes. Un quart d'heure suffit. On fait alors aller les mules pendant deux heures à peu près et toujours à la même allure de trois tours à la minute; on puise, après ce temps, un peu d'eau boueuse à la profondeur du trou de décharge; on décante et on lave avec soin. S'il n'apparaît dans le résidu du lavage que quelques traces de poudre mercurielle, on ouvre la bonde, puis on procède à un nouveau lavage de 2.300 kilog. jusqu'à l'achèvement de la torta commencée.

Pour le service des deux cuves, il faut : 1° quatre mules qu'on maintient en travail pendant quatre heures de suite; 2° huit manœuvres qui transportent les boues du patio à la cuve au moyen de brancards garnis de cuir et de fumier au prix fait de $1\frac{3}{4}$ réal par monton (620 kilog.); 3° un contre-maître surveillant pour les deux cuves à 6 réaux par jour; 4° un manœuvre occupé à balayer l'atelier.

Avec ce personnel on lave dans les deux cuves une torta de quatre-vingt cinq montones ($78^t,2$) en dix-huit heures

pendant l'été, et en vingt-quatre heures pendant l'hiver, car l'emploi de l'eau tiède, qu'on peut avoir en été à peu de frais, facilite beaucoup la réunion du mercure et de l'amalgame.

Après le lavage de la dernière charge, il reste au fond de la cuve un peu d'eau, un dépôt de sulfures métalliques et de grains mal broyés, puis de l'amalgame et du mercure en excès. Les chargeurs entrant dans la cuve enlèvent ce mélange avec de petits vases en cuir, moyennant un prix fait d'une piastre par cuve, et le versent dans des bassins souvent formés d'une seule pierre et disposés un peu au-dessus du sol de l'atelier.

Le contre-maître surveillant achève alors la séparation de l'amalgame, lavant tous ces résidus dans de grands plats en bois, d'abord avec de l'eau bien pure, puis avec du mercure s'il est nécessaire. On obtient ainsi : 1° du mercure riche en argent; 2° des résidus chargés de sulfures métalliques, contenant du mercure et des grains d'amalgame qui sont mis de côté pour le traitement complémentaire que j'indiquerai plus bas.

A l'usine Bernardez de Zacatecas, pour le lavage de 133 tortas contenant ensemble 10.679^t,8 de minerais, on a fait les dépenses suivantes, savoir :

1° *Lavage de* 10.679 *tonnes, dépenses totales en piastres.*

	piastres.
1° Main-d'œuvre et surveillance.	3.874,90
2° Attelages des manèges.	1.427,27
3° Bois et charpentier, réparations. . . .	85,79
4° Fers et forgeron.	80,90
5° Mules mortes.	24,00
Ensemble.	5.492,86

2° *Lavages des minerais amalgamés, dépenses par tonne et en grammes d'argent.*

	grammes d'argent.
1° Main-d'œuvre.	9,272
2° Attelages.	3,415
3° Bois et charpentier.	0,205
4° Fers et forge.	0,194
5° Mules mortes.	0,057
Ensemble.	13,143

A Guanajuato, le lavage des tortas se fait aussi dans des cuves, mais d'une manière plus exacte.

Les cuves de ce district ont des dimensions plus grandes; d'ordinaire, 4 vares de diamètre, 3^m,35, sur 2 mètres, 2^m,10 de profondeur. Elles sont au nombre de trois communiquant ensemble, et munies, comme celles de Zacatecas (Pl. II, *fig.* 10), d'agitateurs mis en mouvement par un manége à mules. Pour les trois cuves il n'y a qu'un seul manége et une seule roue horizontale motrice. La vitesse de rotation des agitateurs est égale à trois fois un quart celle des mules.

La communication des cuves entre elles est établie par deux ouvertures de 0^m,25 en quarré, et placées, l'une à 0^m,25, l'autre, à 0^m,50 de hauteur au-dessus du fond des cuves. L'une des trois cuves (*tina descargadora*) D, où on ne charge pas de minerai, communique avec un canal d'écoulement par un trou de décharge de 0^m,12 de diamètre et placé à 0^m,30 du fond.

Les mules étant en travail, et maintenues à une allure telle que les agitateurs fassent environ six tours par minute, on charge 80 quintaux de minerais amalgamés (5.680 kilog.), et l'on bat la charge à cette allure rapide pendant une demi-heure environ. On ramène alors les mules à ne plus faire qu'un tour par minute, et on les maintient en travail pendant deux heures et demie. Après ce temps, une prise d'essai des boues en suspension, puisée

à la hauteur du trou de décharge, n'accuse plus de traces de mercure; on fait écouler les eaux, et l'on procède immédiatement au lavage d'une nouvelle charge de 80 quintaux. La torta terminée, l'enlèvement des eaux, des résidus terreux, de l'amalgame et du mercure, se fait comme il a été dit pour Zacatecas.

Les frais de l'opération ainsi conduite, relevés à l'usine de San Juan de Guanajuato, ont été comme suit :

LAVAGE DES TORTAS A GUANAJUATO.

1° *Dépenses totales en piastres.*

	piastres.	tonnes.
Minerais amalgamés lavés.		3.853,42
1° Main-d'œuvre.	1.106,12	
2° Service des eaux (*).	213,37	
3° Mules du manége.	1.246,11	
4° Charpentier, réparations courantes. .	134,48	
5° Éclairage, travail de nuit.	58,62	
Ensemble.	2.758,70	

2° *Dépenses en grammes d'argent et par tonne.*

	grammes.
1° Main-d'œuvre.	7,34
2° Eaux.	1,42
3° Mules.	8,26
4° Charpentes et réparations.	0,89
5° Éclairage.	0,39
Ensemble.	18,30

D'après les indications numériques données ci-dessus, on peut voir qu'à Zacatecas on lave 160 kilog. environ de minerais amalgamés par heure et par mètre cube de capacité dans les cuves, tandis qu'à Guanajuato et pour les mêmes unités, on ne passe que 23 kilog. Cette rapidité

(*) A Guanajuato, pendant la saison sèche, la plupart des usines sont obligées d'élever les eaux au moyen de norias de puits de réserve.

de l'opération de Zacatecas en diminue les frais; mais les eaux sortant des cuves entraînent toujours du mercure et de l'amalgame, qu'on peut constater en abondance dans les résidus. Ces pertes n'existent pas à Guanajuato, ou y semblent insignifiantes; elles font plus que compenser l'excès de dépenses que cause la lenteur plus grande de l'opération; les lavoirs de Guanajuato doivent donc être préférés.

Séparation du mercure et de l'argent. Fusion des barres. L'amalgame fluide, retiré du *Lavadero*, étant bien lavé et débarrassé des sulfures métalliques qui adhèrent toujours à sa surface en l'essuyant avec une étoffe de laine, on le verse dans une chausse filtrante (*manga*). Ces chausses sont faites de toile à voile très-serrée; elles ont la forme d'un cône, ayant d'ordinaire $1^m,80$ de hauteur et $0^m,60$ d'ouverture en diamètre à la base. Elles sont garnies tout autour de cette base, d'un fort anneau et de chaînes de fer, au moyen desquelles on suspend la manga au-dessus d'une caisse de madriers, rendue étanche par une garniture de cuir intérieure, et qui reçoit le mercure filtré.

On verse dans ces chausses jusqu'à deux et trois tonnes d'amalgame liquide. Sous son propre poids le mercure s'écoule à travers la toile sans entraîner l'argent, en proportion notable du moins. Après vingt-quatre heures de suspension pour des charges de cette importance, il reste dans le sac de toile un amalgame solide, extrêmement dur vers sa partie la plus élevée, où il tient près de un tiers de son poids d'argent, mais encore fort mou vers la pointe du cône où il contient encore sept huitièmes de son poids en mercure. En moyenne, et pour la distillation facile du mercure qui reste, l'amalgame doit, au plus, contenir 5 de mercure pour 1 d'argent.

L'amalgame retiré du filtre en toile, est concassé sur des tables à rebords, garnies de cuir; puis, comprimé dans des moules en fer ayant la forme de secteurs circulaires, tronqués à leur sommet avec un angle au centre de 60° e

5 à 6 centimètres d'épaisseur, et enfin porté à l'atelier de distillation.

La distillation du mercure qui reste, se fait en plaçant l'amalgame d'argent sous une grande cloche de bronze entourée de charbons incandescents et renversée au-dessus d'un courant d'eau froide. L'appareil est disposé de la manière suivante (Pl. II, *fig.* 11) :

Un bassin de bronze E, cylindrique à sa partie supérieure, conique, ouvert et recourbé à sa partie inférieure, est encastré vers le haut dans une voûte en maçonnerie, et affleure exactement un terre-plein pavé de briques réfractaires, puis vers le bas plonge dans le courant d'eau. Le bec recourbé de cette sorte d'entonnoir aboutit à un canal rempli par le courant, et qui débouche dans une cuve extérieure C. Le conduit d'arrivée de l'eau sous la voûte O, et l'orifice d'écoulement O' pratiqué près du bord supérieur de la cuve extérieure sont réglés de façon à maintenir l'eau à un niveau constant, à peu près à la naissance de la partie cylindrique du bassin. Trois taquets m, n, p, venus de fonte avec cet entonnoir inférieur, reçoivent un plateau en fer q mobile, à trois pieds, percé d'une ouverture à son centre, et sur lequel on place six des morceaux d'amalgame; puis, empilant d'autres assises, on bâtit une sorte de colonne creuse d'argent A, pesant dans certaines usines jusqu'à 1.000 kilog. On abaisse alors sur cette colonne, une épaisse cloche de bronze P, *capellina*, manœuvrée à l'aide d'un treuil, et qui vient poser sur le rebord annulaire x, y, du bassin inférieur. Le diamètre de la cloche supérieure et du bassin sont égaux; ils varient de $0^m,32$ pour les petites usines à $0^m,54$ pour les grandes exploitations. L'entonnoir a lui-même alors $0^m,32$ et $0^m,85$ de profondeur; les hauteurs correspondantes des *capellinas*, sont : $1^m,61$ et $1^m,15$. L'épaisseur du bronze varie de 3 à 4 centimètres; les secteurs d'amalgame doivent être moulés et montés de façon à laisser entre eux et la cloche un espace libre de 2 et demi

à 5 centimètres. Enfin le plateau de fer qui les porte doit être placé à 3 ou 6 centimètres plus haut que le niveau du terre-plein.

La *capellina* mise en place est lutée avec un mélange d'argile et de cendres de bois très-légèrement humide: on dresse alors tout autour d'elle, une enceinte circulaire distante de 15 à 18 centimètres, bâtie avec de grandes briques superposées à claire-voie. L'espace annulaire ainsi formé, est rempli de charbons incandescents. La combustion se maintient sur toute la hauteur de la cloche avec une grande énergie. Cependant, à raison des masses métalliques en présence, l'échauffement est lent et la distillation du mercure progressive; le métal distillé se condense dans la partie inférieure du bassin noyée dans l'eau froide, et de là coule dans le réservoir extérieur, où il est facile à recueillir. Pour une cloche de grande dimension contenant une tonne d'amalgame, l'opération dure vingt heures pendant lesquelles on brûle 800 kilog. de charbon de chêne; deux hommes, un contre-maître et son aide conduisent l'opération, moyennant un prix fait de deux piastres trois quarts.

A moins d'accidents, d'ailleurs fort rares, ou de négligence, les pertes de mercure causées par l'opération sont peu importantes; elles semblent indépendantes du poids d'amalgame sur lequel on opère, et varient de 1 kil. 1/3 à 2 kil. 3/4 par opération comme le montre le tableau suivant, donnant le déficit de diverses distillations relatives à l'usine de la Granja à Zacatecas.

Distillation du mercure de l'amalgame. — Pertes de mercure.
Usine de la Granja (Zacatecas).

POIDS CHARGÉ total. — Mercure et argent.	MERCURE recueilli.	ARGENT resté.	DÉFICIT PORTÉ en perte de mercure.
kilog.			kilog.
129,72	101,28	27,06	1,38
187,22	149,50	36,34	1,38
303,60	238,05	63,71	1,84
349,60	278,30	69,46	1,84
405,26	316,94	86,48	1,84
427,34	339,71	85,33	2,30
470,46	378,23	90,85	1,38
509,22	410,09	96,37	2,76
555,68	442,98	111,32	1,38
605,50	491,74	111,38	1,38
682,18	531,69	148,81	1,38
820,38	640,52	178,48	1,38
825,24	645,38	177,56	2,30
1.141,26	897,46	241,04	2,76
1.241,08	1.000,73	238,05	2,30
1.181,74	929,89	250,47	1,38
1.327,56	1.069,50	255,30	2,76
11.163,04	8.862,29	2.269,01	31,74

Ces résultats donneraient pour chaque opération une perte moyenne de $1^k,87$ de mercure.

L'argent séparé du mercure par la distillation, doit être fondu en lingots pour pouvoir être vendu. Cette fusion ne se faisait pas autrefois dans les usines. La loi mexicaine exige, en effet, que l'or et l'argent soient présentés aux bureaux d'essai établis dans chaque district tels qu'ils sortent des cloches de distillation ; ils sont fondus et moulés, en lingots de forme déterminée ne pouvant pas dépasser un poids de 136 marcs ($31^k,28$), en présence de l'essayeur du gouvernement, qui poinçonne ensuite les barres pour le titre et le poids. Ces indications servent de base aux droits dûs à l'État à titre de redevances ; elles fixent aussi la valeur du lingot, toute contestation à cet égard ne pouvant être vidée que par l'essayeur en chef du bureau central à Mexico.

Ces prescriptions légales sont à peu près tombées en

désuétude. Quelques grandes exploitations, le Fresnillo, Real-del-Monte, ont d'abord obtenu le privilége de présenter à l'essai leurs lingots déjà fondus. — Cette concession s'est ensuite étendue, et aujourd'hui presque tous les bureaux d'essai de l'État poinçonnent les barres qui leur sont présentées par des usines connues, sans procéder à une nouvelle fonte. Cette tolérance n'est évidemment pas sans danger; il en a d'ailleurs été fait l'expérience à la mônnaie de Durango par exemple.

La fusion de l'argent s'opère dans un four à réverbère pour les grandes exploitations, ou bien à l'air libre sous la buse d'un fort soufflet de forge dans les usines de moindre importance.

Le réverbère que l'on rencontre dans presque toutes les usines pour la fusion de l'argent est un petit four à coupelle dont les *fig.* 1 et 2, Pl. III donnent les principales dimensions.

La coupelle est généralement faite de cendres d'os calcinés. Sa forme est elliptique, les axes ont $1^m,047$ et $0^m,838$. Le grand axe est parallèle à la longueur du foyer; les dimensions de ce foyer sont $0^m,80$ de longueur, $0^m,30$ de large; la voûte est demi-sphérique, elle s'élève de $0^m,62$ au-dessus du fond de la coupelle; les ouvertures de tirage sont placées, l'une au-dessus de la porte de travail qui fait face à l'autel, les deux autres aux extrémités du grand axe de l'ellipse.

Pour mettre les fours en feu, on attend d'avoir un millier de marcs d'argent (230 kilog.) en magasin. Un maître fondeur aidé d'un manœuvre conduit l'opération; il porte d'abord le four à la température du rouge vif, brûlant sur la grille des rondins de chêne vert ou de mimosa, pendant ce temps il répare les dégâts de l'opération précédente; le rouge vif obtenu, il introduit l'argent. On opère sur 270 marcs à la fois, 62 kilog. environ. La charge étant complète, la porte du four est fermée et lutée s'il est néces-

saire, et sur la grille du foyer on remplace le bois de chêne par des bûchettes de sapin (*ocote*) très-sec. En vingt-cinq minutes la fusion est complète; l'ouvrier brasse le métal, y puise une prise d'essai, si l'usine détermine le titre de ses barres, et piquant le fond de la coupelle reçoit le métal dans deux lingotières préalablement chauffées et graissées.

La fonte de deux lingots de 130 marcs dure, en tout, à peu près trois quarts d'heure; la mise en train du four consomme 6 charges (828 kilog. de bois de chêne), puis on brûle 2 charges de bois résineux par barre fondue; les ouvriers reçoivent d'ordinaire un prix fait de 2 réales ($1^{fr},35$) par barre fondue.

L'emploi du four à réverbère cause une dépense proportionnelle, d'autant plus forte qu'on opère chaque fois sur un poids de métal plus réduit. Dans ce cas, la fonte au charbon de bois sous le vent d'une tuyère doit être préférée.

Le petit foyer sur lequel on opère est disposé comme il suit, Pl. III, *fig.* 3 et 4. On construit au pied d'un des murs de l'atelier trois petits murs de briques hauts de $0^m,60$ à $0^m,70$, qui avec le mur contre lequel ils s'appuient, circonscrivent un carré d'environ $1^m,20$ de côté. Tout cet intervalle est rempli d'un mélange intime et légèrement humide de un tiers de terres siliceuses et deux tiers de terres marneuses alcalines finement tamisées, ou à leur défaut de cendres de bois que l'on tasse fortement jusqu'à la hauteur des murs de face et de côté. On creuse alors au centre une cavité hémisphérique de $0^m,60$ de diamètre et $0^m,30$ de profondeur. Un trou de coulée est préparé aboutissant au centre de cette petite cuvette. La muraille de l'usine donne passage à la tuyère de deux soufflets placés au dehors et manœuvrés par un homme : l'œil de la tuyère est à $0^m,35$ au-dessus du fond du foyer, son axe vient aboutir au trou de coulée. Au moment de fondre l'argent, on entoure le bassin du foyer par une grille verticale annu-

laire formée de forts barreaux de fer forgé, ayant comme le foyer $0^m,60$ de diamètre et $0^m,70$ environ de hauteur. On remplit cette grille de gros charbons de sapin sur lesquels on jette quelques pelletées de braise allumée. Quand la masse est bien embrasée on donne le vent, et on commence à charger l'argent que l'on place fragment par fragments au centre de la grille annulaire, maintenue pleine de charbon. La fusion est très-rapide; on fond facilement 230 marcs d'argent, environ 53 kilog. en quinze minutes, et brûlant 70 kilog. de charbon.

La distillation du mercure, sous la *capellina*, n'est jamais assez parfaite pour expulser la totalité du métal. L'argent perd donc toujours une partie de son poids dans sa transformation en lingots. Le tableau suivant relevé à Zacatecas donne l'importance de ces pertes.

Fusion de l'argent après la distillation du mercure. — Pertes qu'entraîne l'opération.

POIDS avant la fusion.	POIDS après la fusion.	DIFFÉRENCE.	PERTE P. 100 de l'argent.
marcs dix.			
741	728,5	12,5	1,66
1.677	1.657,5	19,5	1,15
1.048	1.035,7	12,3	1,16
1.300	1.288,3	11,7	0,88
1.076,4	1.058,7	17,7	1,62
1.089	1.056,6	32,4	2,95
1.050	1.041,1	8,9	0,82
1.521	1.507,3	13,7	0,88
2.124	2.099,5	24,5	1,14
1.743,2	1.727,1	16,1	0,92
2.107	2.085,6	21,4	1,00
1.299	1.285,0	14,0	1,07
1.418	1.402,1	15,9	1,10
1.446	1.433,7	12,3	0,83
1.879	1.860,7	18,3	0,96
1.254,2	1.247,1	7,1	0,56
1.334	1.324,6	9,4	0,68
1.445	1.431,0	14,0	0,96
1.100,4	1.084,5	15,9	1,42
1.603,4	1.596,5	6,9	0,41
28.255,6	27.951,1	304,5	1,07

Les dépenses de la distillation du mercure et de la fusion des barres d'argent sont peu importantes; je les ai réunies

dans les indications suivantes qui se rapportent aux deux usines que j'ai prises pour exemple. Celle de Bernardez à Zacatecas et celle de San Juan à Guanajuato.

DISTILLATION DU MERCURE. — FUSION DES BARRES A ZACATECAS.

1° *Dépenses, totales en piastres, pour* 10.679 *tonnes.*

	piastres.
Main-d'œuvre.	512,63
Combustible : bois et charbon.	1.380,00
Ensemble.	1.892,63

2° *Dépenses en grammes d'argent et par tonne.*

	grammes.
Main-d'œuvre.	1,226
Bois et charbon	3,303
Ensemble.	4,529

DISTILLATION DU MERCURE ET FUSION DE L'ARGENT A GUANAJUATO.

1° *Dépenses totales en piastres pour* 3.853^t,42.

	piastres.
Main-d'œuvre.	196,31
Combustible : bois et charbon.	332,99
Réparations diverses.	30,12
Ensemble.	559,42

2° *Dépenses en grammes d'argent et par tonne.*

	grammes.
Main-d'œuvre.	1,30
Charbon et bois.	2,21
Diverses réparations.	0.20
Ensemble.	3,71

Les pertes de mercure causées par ces dernières opérations n'ont pas été séparées ; elles sont comprises dans les nombres que j'ai indiqués ci-dessus relatifs à l'emploi de ce métal, qui donnent ainsi sa consommation totale dans les diverses opérations du patio.

Des pertes d'argent dans l'amalgamation du patio. —

Cette question, la plus importante, est aussi la plus difficile à résoudre. On chercherait en effet en vain, dans les renseignements écrits que l'on conserve dans les usines, les éléments nécessaires à sa solution. Les exploitants mexicains semblent même ne pas s'en préoccuper; ils savent bien que le travail du patio laisse dans les résidus une fraction souvent importante de l'argent des minerais, mais ils ne croient pas qu'il soit possible d'y remédier. Pour eux Bartholomé Medina, qui le premier la fit connaître, a d'un seul coup trouvé la meilleure solution du traitement des minerais; et, puisque après trois siècles d'une application immense, elle est encore ce qu'elle était au sortir des mains de son inventeur, il est bien inutile, disent-ils, d'entreprendre de nouvelles recherches. Vouloir sortir des simples traditions de la pratique, c'est, à leurs yeux, s'exposer à des embarras, à des dépenses inutiles; mieux vaut s'en abstenir.

C'est ainsi que j'ai pu visiter les usines de Catorce, Matehuala, Sombrerete, le Fresnillo, et un grand nombre à Zacatecas, Guanajuato, etc., sans trouver un seul bureau d'essai.

Cette sorte de résistance, organisée contre tout progrès possible, est principalement due à l'intérêt que les chefs d'amalgamation (azogueros) ont à soustraire leur travail à tout contrôle sérieux. Ceux de ces praticiens qui sont véritablement habiles, savent très-bien de quel secours serait pour eux la connaissance exacte de la teneur des minerais, mais ils savent aussi les incertitudes de leur méthode, les écarts énormes que peuvent leur causer dans le rendement en argent, une variation inobservée dans la nature des minerais, un dosage trop manqué du *magistral*, ou simplement un dérangement trop prolongé de la température. Ils savent que souvent alors ils cessent d'être les maîtres des réactions, et qu'ils ne peuvent sauver le mercure dont on leur demande toujours un compte très-sévère, qu'en sacrifiant l'argent dont la perte reste inconnue.

Malgré ces résistances, quelques grandes exploitations ont établi et maintenu la pratique des essais et cherché à apprécier leurs pertes en faisant relever, dans un procès-verbal détaillé, les résultats de chaque opération; mais on s'exposerait à de grossiers mécomptes si l'on cherchait une appréciation de la méthode dans la discussion de ces documents. Il suffira de citer un exemple tiré de l'une des usines de Pachuca.

Le compte d'opérations d'une torta porte les indications numériques suivantes :

Torta de minerais de la mine San-Cristobal.

Poids du minerai : 300 charges. . . . . 41.400 kilog.
Teneur d'après les essais de l'usine : 8 marcs,88 au monton (30 quintaux), équivalent à 147gr,9 pour 100 kilog.

Réactifs employés :

Sel.	261 arrobes.	
Sulfate de cuivre.	2.700 livres.	
Mercure Empleo.	1.450	3.250 livres.
Mercure Baño.	1.800	

Résultats obtenus.

Mercure par filtration. . . .	2.232 liv. 8°.
Mercure par distillation. . .	757 liv. 12°.
Argent après fusion.	374 marcs.

Ainsi, d'après les comptes de cette opération, la torta

contenant : argent. 61k,23,
aurait produit : argent fondu. . . . . . . 86k,02.

De semblables contradictions se trouvent à chaque pas dans les documents dont je parle; elles proviennent de mélanges volontaires ou accidentels de minerais de tortas différentes, de négligences volontaires ou non, dans la prise d'essai, et principalement de cette surcharge de minerais,

non portée dans les comptes, et dont j'ai déjà parlé, que les directeurs des mines expédient aux directeurs d'usines, surcharge véritablement abusive dans certaines entreprises.

Ces détails suffisent pour montrer qu'on ne saurait utiliser les comptabilités, en apparence si régulières établies sur certaines grandes exploitations, pour discuter les pertes d'argent que causent les méthodes actuelles de traitement. Il me reste à faire connaître les observations que j'ai pu faire moi-même pour résoudre la question.

Ces observations comprennent les résultats du traitement de 2.600 tonnes de minerais par la méthode du patio dans les principaux districts du territoire.

On peut d'abord se convaincre qu'il est possible d'établir un compte suffisamment exact de ce que devient l'argent à la suite du traitement. La porphyrisation exacte des minerais, leur mélange intime pour la confection des tortas, permettent de recueillir des prises d'essai assez exactes pour que les quantités d'argent, calculées dans les minerais et dans les résidus, reproduisent à peu de choses près, par leur différence, le poids de l'argent réellement extrait dans le traitement.

Je ne citerai que deux exemples :

1° 54 montones de minerais riches de l'usine de Begoña à Zacatecas, tenant à l'essai 525 grammes pour 100 kilogrammes, ont produit 912 marcs d'argent, ce qui donne une teneur de rendement de 423 grammes pour 100 kilogrammes. Les résidus essayés ont accusé une teneur de 103 grammes, le poids des minerais n'ayant pas varié, le compte de l'argent s'établit alors :

Teneur totale primitive.	525 gr. p. 100 kilog.
Teneur de rendement.	423
Teneur des résidus.	103
Ensemble.	526 gr. p. 100 kilog.

2° 30 montones provenant de minerais plus pauvres à

Minas grandes de Charcas, tenant d'après l'essai 168 grammes d'argent aux 100 kilog. de minerais, ont produit sur le patio 127 $\frac{1}{2}$ marcs d'argent fondu, ce qui donne un rendement de 106 gr. pour 100 kil. Les résidus essayés ont accusé une teneur de 58 gr., ce qui donne le compte suivant :

Teneur totale primitive.		168 gr. p. 100 kilog.
Teneur de rendement.	106	
Teneur d'essais de résidus. . . .	58	
Ensemble.	164 gr. p. 100 kilog.	

On peut donc déterminer les pertes soit par l'essai des minerais, soit par celui des résidus. Cette dernière méthode est plus certaine, mais pour qu'elle donne des résultats concordants, il faut prélever la prise d'essai quand la torta est encore sur le patio, et que l'azoguero a jugé les réactions terminées ; il faut laver ensuite cette prise d'essai avec du mercure pour bien enlever l'amalgame, réunir les eaux de lavage et les évaporer, opérations fort longues s'il faut les répéter souvent et les exécuter, comme c'est nécessaire pour avoir des résultats exacts, sur un poids un peu fort de minerais.

Il est ainsi préférable de déterminer la teneur des minerais et d'établir les pertes, en retranchant de l'argent total calculé, le poids du métal extrait dans le travail de l'usine.

Les tableaux qui suivent font connaître les résultats qui ont été ainsi obtenus pour les principaux districts du territoire, par cet essai des minerais avant le traitement.

Les poids, indiqués à la première colonne, sont les poids *secs* des minerais pesés pour le chargement des *arrastras*. Les prises d'essai ont été prélevées lorsque les tortas préparées sur le patio allaient recevoir le sel et le magistral immédiatement après le repaso qui précède l'introduction de ces réactifs. Les essais ont été faits sur 25 grammes, par fusion au creuset avec la litharge, etc. Les poids de l'argent extrait sont ceux obtenus au sortir des cloches de distillation. Les pertes ont été rapportées à la quantité totale de l'argent contenu dans les minerais.

Pertes d'argent dans la méthode du patio. — District de Guanajuato. Minerais crus (*).

POIDS des tortas.	TENEUR d'essai. Grammes d'argent p. 100 kilog.	ARGENT contenu.	ARGENT retiré.	ARGENT perdu.	PERTE P. 100.
tonnes.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	
99,09	103,2	102,26	89,34	12,92	**12,64**
104,52	82,0	85,70	73,65	12,14	**14,16**
114,97	143,0	164,40	144,67	19,73	**12,00**
102,23	123,4	126,15	110,40	15,75	**12,51**
420,81	113,7	478,51	417,97	60,54	**12,65**

(*) Il ne m'a pas été possible de multiplier ces essais à Guanajuato; mais les minerais de ce district sont tellement constants, le travail du patio y a acquis une telle précision, que, tout au moins, pour des teneurs voisines de celles indiquées et qui sont les plus abondantes, la perte générale moyenne ne doit pas s'écarter beaucoup de ce chiffre de 12 1/2 à 13 p. 100 de la teneur, sauf ce qui sera dit plus bas.

District de Zacatecas. — Pertes d'argent au patio. — Minerais négros crus (*).

POIDS des tortas.	TENEUR en grammes pour 100 kilog.	ARGENT contenu.	ARGENT retiré.	ARGENT perdu	PERTE pour 100 de l'argent contenu.
tonnes.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	
55,200	616,6	340,36	247,48	92,88	**27,3**
55,200	582,6	321,59	250,47	71,12	**22,1**
106,720	285,0	301,15	209,76	94,39	**31,0**
73,60	208,0	153,08	111,32	41,76	**27,2**
69,00	193,6	133,58	97,06	36,52	**27,3**
22,54	183,5	41,36	28,06	13,30	**32,0**
138,00	165,8	228,80	178,48	50,32	**22,0**
55,20	154,0	85,00	72,91	12,09	**16,8**
87,40	148,2	129,52	101,89	27,63	**21,2**
96,60	148,0	142,96	102,46	40,50	**27,7**
96,60	147	142,00	103,27	38,73	**26,4**
97,52	146,1	142,47	109,59	32,88	**23,0**
69,00	153,3	105,77	81,88	23,89	**22,6**
96,60	142,8	137,94	107,98	29,96	**21,7**
96,60	141,3	136,49	102,81	33,08	**24,6**
69,00	176	121,44	84,41	37,03	**30,5**
86,40	144	124,53	98,44	26,09	**20,9**
96,60	140	135,24	106,95	28,29	**20,9**
96,60	140	135,24	106,95	28,29	**20,9**
96,60	139	134,27	102,46	31,81	**23,7**
1.661,06	192,3	3.195,79	2.404,63	791,16	**24,75**

(*) Les deux dernières tortas contiennent un tiers de minerais grillés au réverbère.

District du Fresnillo. — Pertes d'argent au patio. — Minerais nègros crus.

POIDS des minerais (1).	TENEUR en grammes pour 100 kilog.	ARGENT contenu.	ARGENT retiré.	ARGENT perdu.	PERTE pour 100 d'argent contenu.
tonnes.	grammes.	kilogrammes	kilogrammes.	kilogrammes.	
988,54	76,00	751,29	574,08	177,21	23,58
1.320,20	77,00	1.016,59	755,32	261,23	25,72
993,14	79 1/4	787,06	565,34	221,72	28,10
923,68	85,00	785,12	590,87	194,25	24,73
745,20	95 1/2	711,66	519,11	192,35	27,05
805,00	93 3/4	754,68	518,19	236,49	31,32
1.035,92	98 3/4	1.022,97	810,00	212,97	20,81
6.811,68	85,57	5.829,33	4.332,91	1.496,42	25,67

(1) Les poids indiqués sont ceux d'un même lot de minerais traités en plusieurs *tortas*.

District de Pachuca.— Mines d'Atotonilco (1).— Pertes d'argent au patio. Minerais crus.

POIDS des tortas.	TENEUR en grammes pour 100 kilog.	ARGENT contenu.	ARGENT retiré.	ARGENT perdu.	PERTE pour 100 d'argent contenu.
tonnes.	grammes.	kilogrammes.	kilogrammes.	kilogrammes.	
103,50	179	185,26	120,75	64,51	34,8
41,40	269 1/2	111,60	74,98	36,62	32,7
20,70	250	51,75	33,12	18,63	36,0
20,70	281	58,16	36,96	21,20	36,4
20,70	281	58,16	33,80	24,36	41,8
20,70	750	155,25	95,22	60,03	38,60
227,70	272	620,18	394,83	225,35	36,3

(1) Atotonilco-el-Chico à 6 lieues N. de Pachuca.

En résumé donc, et d'après les essais qui précèdent, à Guanajuato, pour des minerais quartzeux de composition simple, type des minerais nobles, libres de blende, de cuivres gris, de galène et de pyrites cuivreuses argentifères, ne contenant l'argent qu'à l'état natif, ou de sulfure simple, de sulfure antimonié noir, ou de polybasite en très-faible

proportion, les pertes sont de. . . . . . . 12 à 13 p. 100

A Zacatecas, pour des minerais plus complexes, mais sans argent arsénio-sulfuré rouge (*), sans galène ou cuivre gris, mais chargés de blende et de pyrites de fer ou de cuivre, ces pertes s'élèvent à. . . . . . 24.75 p. 100

Au Fresnillo, où la composition des minerais est à peu près identique, mais pour des teneurs moins élevées qu'à Zacatecas, les pertes dépassent. . . . . 25 p. 100

Aux mines d'Atotonilco-el-Chico, dont les produits, analogues à ceux de Pachuca, contiennent beaucoup de blende, de pyrites arsenicales de fer et de cuivre, et une proportion sensible de galène et de cuivre gris, les pertes dépassent. . . . . 36 p. 100

Ces chiffres sont certainement des *minimums*; ils ont été en effet établis en comptant comme argent à $\frac{1000}{1000}$ le métal retiré des cloches de distillation; or on a vu que ces pains perdent à la fusion environ 1 p. 100 de leur poids. De plus, il n'a été tenu aucun compte de l'augmentation de poids des minerais pendant la porphyrisation dans les arrastras; or cette augmentation est notable comme on l'a vu; égale au moins à $2\frac{1}{2}$ p. 100 à Zacatecas, on l'évalue à 10 p. 100 aux usines où l'on emploie le basalte pour meulières. Si p est le poids primitif des minerais, a cette augmentation, et t la teneur déterminée lorsque la torta est préparée $(p + a)\,t$, sera la quantité totale d'argent réellement contenu, au lieu du simple produit pt auquel les pertes ont été rapportées. Ces pertes calculées sont donc certainement inférieures à leur valeur réelle.

(*) Pour des minerais contenant cette espèce, ceux de Veta-Grande par exemple, les pertes sont bien plus élevées, proportionnelles en quelque sorte à la présence de l'argent rouge qui, dans cette mine, est absolument irréductible au patio.

Traitement complémentaire des résidus du patio. Les pertes au traitement du patio sont, comme on le voit, quelquefois énormes; les résidus d'Atotonilco, par exemple, sont plus riches que les minerais du Fresnillo.

Dans un grand nombre d'exploitations, cet argent, qu résiste à l'amalgamation, est perdu sans retour; les résidus sont abandonnés et entraînés par les eaux; ailleurs ils sont recueillis et soumis à un nouveau travail.

Les eaux bourbeuses, au sortir des cuves de lavage, sont alors reçues dans un bassin de maçonnerie étendu, où les sables se déposent, tandis que les boues très-fines entraînées par les eaux sont définitivement perdues. On ne retient ainsi qu'une partie de l'argent sorti des cuves, car l'essai donne des teneurs à très-peu près égales pour les boues entraînées et pour les sables retenus (*).

Les sables sont ensuite soumis à un lavage d'enrichissement, poussé plus ou moins loin, suivant la nature des résidus et le traitement qui leur est applicable.

Si les minerais sont très-blendeux, s'ils contiennent des cuivres gris et de la galène, les résidus ne pourront être réduits que par la fonte; il faudra pousser très-loin l'enrichissement pour couvrir les frais toujours très-élevés de l'opération, et les pertes au lavage deviendront énormes, comme nous le verrons plus bas.

Si les minerais moins chargés de blende, de galène ou de cuivre gris sont cependant très-pyriteux, on arrête le lavage après élimination des gangues terreuses, les résidus des sulfures sont ensuite utilisés comme minerai de magistral.

Pour des minerais pauvres en sulfures, comme à Guanajuato, où les résidus doivent leur argent à des grains mal amalgamés de sulfure simple ou d'argent rouge, on peut,

(*) La proportion des sables ainsi recueillis n'a pu être déterminée; on ne peut pas l'évaluer à plus du tiers des minerais primitifs.

par la seule élimination des terres, arriver à des teneurs assez élevées; les résidus de lavage sont alors grillés au réverbère et sans sel, à un feu très-doux et pendant un temps très-court, repassés aux arrastras, puis traités sur le patio par la méthode ordinaire.

A Guanajuato, où ce travail des résidus se fait avec plus de soins que partout ailleurs, les sables sont enrichis soit sur des *planillas* ordinaires, soit sur un appareil spécial, la *planilla circular*, sorte de *round-buddle* renversé, analogue, du reste, aux tables à entonnoirs usitées en Europe.

Les planillas se construisent à Guanajuato comme à San Pedro Potosi et Catorce; mais comme il s'agit ici d'isoler des résidus d'argent le plus souvent en lamelles minces et mêlés à des sables mal débourbés, au lieu d'avoir à séparer des grains de bromure qui se trouvent dans des sables propres et légers, les pentes de la planilla sont moins rapides, et l'opération se fait plus lentement.

Les *planillas* de Guanajuato ont d'ordinaire 2^m,30 de largeur et 3^m,50 de longueur; elles se réduisent à deux plans inclinés, l'un en tête, le plus élevé, ayant une base horizontale de 1^m,34 pour une hauteur de 0,67; l'autre, inférieur, de 2^m,16 de base pour 0,35 de hauteur.

La charge ordinaire se compose de 460 kilog. de sable tenant de 8 à 10 p. 100 d'eau; le minerai est réduit à $\frac{1}{10}$ environ de son poids primitif; il faut ménager beaucoup l'action de l'eau et relever très-souvent les matières; on ne peut guère passer que deux charges par jour; les dépenses totales de lavage et de transport des sables s'élèvent en moyenne à 1 $\frac{1}{2}$ piastre par planilla et par jour.

J'ai montré qu'à San Pedro Potosi, au lavage sur la *planilla* des minerais de bromure, les pertes d'argent s'élevaient à 45 p. 100 du métal contenu; ces pertes sont plus considérables encore dans l'enrichissement des résidus du patio. En effet, 462 kilog. de résidus (*) débourbés et re-

(*) Poids des minerais secs.

cueillis près des cuves de lavage des tortas, rendant à l'essai 32 grammes aux 100 kilog. furent lavés sur la planilla et réduits à 47 kilog. La teneur était devenue de 110 grammes.

L'argent contenu dans les sables à laver était donc de. . .	$0^k,147$
L'argent conservé dans les sables lavés est de.	$0^k,051$
L'argent perdu ressort ainsi à.	$0^k,096$
Soit à 65 p. 100 de l'argent contenu.	

La réduction de poids fut des $\frac{9}{10}$ dans cette expérience : si l'on voulait, comme à San Luis Potosi, réduire les sables à 2 ou 3 p. 100 de leur poids, les pertes seraient encore plus fortes.

En effet : $504^k,6$ de sables résidus, rendant à l'essai 34 grammes d'argent aux 100 kilogrammes, furent réduits par le lavage à la planilla à $13^k,45$. La teneur du produit lavé fut trouvée de $227^{gr},4$ aux 100 kilog.

L'argent contenu dans les sables était ainsi de.	$0^k,171$
L'argent des résidus du lavage est de.	$0^k,030$
L'argent perdu est.	$0^k,141$
Soit 82 p. 100 du métal contenu.	

Les résultats obtenus avec la planilla circulaire ne sont guère meilleurs.

Dans cet appareil (*fig.* 5 et 6, Pl. III), l'aire de lavage est fournie par la réunion de deux troncs de cône renversés. Le tronc supérieur a $5^m,60$ et 4 mètres de diamètre à ses bases et $0^m,40$ de hauteur; le tronc inférieur a $0^m,20$ de hauteur et $0^m,65$ à sa plus petite base qui est le fond de l'appareil. Cette base est ouverte et donne issue aux eaux de lavage par le conduit vertical A et le canal de fuite B. Le massif de l'appareil est en maçonnerie, l'aire de lavage est faite de résidus de minerais très-fortement tassés. Au centre du cylindre creux A, un pieu vertical supporte, mobile sur un pivot *g*, un tonneau T ouvert à sa partie supérieure, et dans lequel arrive un courant d'eau constant. L'axe du

tonneau se prolonge et porte un tambour qui reçoit le mouvement, emprunté d'ordinaire à l'arbre d'une arrastra voisine. La partie inférieure du tonneau porte huit tubes de fer munis de robinets et terminés, les uns par une pomme d'arrosoir très-fine, et les autres façonnés de manière à faire écouler l'eau en sens inverse du mouvement sous forme d'une lame très-mince.

Les sables à laver se chargent sur le talus du tronc de cône supérieur. Les tubes ont des longueurs différentes, de façon à distribuer l'eau sur la partie inférieure du dépôt, sans atteindre la surface du cône inférieur, sur lequel les matières se déposent et se classent. A mesure que les sables sont entraînés par l'eau, l'ouvrier laveur emmène, sous la pluie que distribuent les tubes, les matières que l'eau ne pourrait atteindre. La charge étant épuisée, le dépôt des sables lavés est divisé en deux parties : l'une formant une couronne de $0^m,80$ de large à partir du cercle intermédiaire *ah*, et qui est celle des sables enrichis; l'autre, inférieure, et qui est rejetée comme stérile. Les sables réservés sont chargés à nouveau, et ainsi quatre ou cinq fois de suite, éliminant à chaque fois une partie du dépôt inférieur considéré comme stérile.

Le service de l'appareil exige :

Un ouvrier laveur payé 1 piastre par jour ;

Un manœuvre pour le transport des sables à 1/2 piastre par jour.

En huit heures de travail ces deux hommes lavent 4.500 kilogrammes environ de sables, ramenant les résidus à 12 ou 13 p. 100 du poids primitif.

Les pertes d'argent causées par le lavage sur cet appareil sont données par les résultats suivants :

2.300 kilogrammes de minerais-résidus tenant 34 grammes d'argent au quintal, lavés comme il vient d'être dit, furent réduits à 272 kilogrammes qui rendirent à l'essai 80 grammes.

L'argent contenu dans les sables chargés était donc de. .	0^k,782
L'argent des résidus du lavage était de.	0^k,217
La perte totale ressort ainsi à.	0^k,565

Soit 72 p. 100 de la teneur primitive pour une concentration, soit une diminution de poids de 88 p. 100. Ces planillas circulaires ou celles décrites avant elles, laissent donc encore intact ce problème du lavage des matières fines argentifères.

Les résidus lavés sont réunis aux sulfures métalliques qui ont été retirés des cuves de lavage, et traités par la fonte, ou amalgamés après grillage, comme je l'ai dit ci-dessus. Les pertes d'argent à ce nouveau travail ne peuvent pas s'évaluer à moins de 25 p. 100.

Les résultats qui précèdent suffisent pour montrer que ce n'est pas par le lavage des résidus des tortas qu'on peut espérer d'atténuer d'une manière sensible les pertes du traitement primitif. L'argent ainsi produit ne couvre pas, le plus souvent, les frais de son extraction. Aussi la plupart des usines laissent-elles échapper les eaux de lavage des tortas à teneur ordinaire, n'appliquant le travail de la planilla qu'aux minerais exceptionnellement riches ou exceptionnellement rebelles (*).

Le lavage des résidus n'est ainsi qu'un travail accidentel et sans grande importance, n'occasionnant dans le roulement général des usines que des dépenses tout à fait accessoires, comme on peut le voir par les chiffres suivants tirés des usines de Zacatecas et Guanajuato que j'ai prises pour exemple.

(*) A l'usine de Loreto-Pachuca, les résidus retirés par le lavage des boues ne représentent pas 1/3 p. 100 du poids des minerais primitifs. A l'usine de Regla, ce n'est pas le 1/10 de cette quantité.

Lavage des résidus, usine Bernardez Zacatecas.

Minerais traités. 10.679 tonnes.

1° Dépenses totales en piastres.

Main-d'œuvre de lavage des résidus. 240,57

2° Dépenses en grammes d'argent et par tonne.

Main-d'œuvre de lavage, grammes d'argent. . . . 0,576

Lavage des résidus, usine San Juan Guanajuato.

Minerais traités. 3.853 tonnes.

1° Dépenses totales en piastres.

Main-d'œuvre de lavage des résidus. 434,10

2° Dépenses en grammes d'argent et par tonne.

Main-d'œuvre de lavage. 2,88

Teneur des résidus perdus par quelques usines. — Si l'on admet une production de 65 millions de francs d'argent extrait par la méthode du patio, dans les districts de Pachuca, Guanajuato, Zacatecas et Fresnillo, avec une perte générale moyenne de 15 p. 100 seulement, chiffres certainement inférieurs à leur valenr réelle, on arrive pour la valeur de l'argent annuellement perdu à une somme de plus de 10 millions, contenus dans des résidus qui seraient immédiatement disponibles. L'extraction de cet argent constitue un problème qui plus d'une fois a excité l'esprit d'entreprise au Mexique, et c'est à ce titre que je donnerai ici la teneur d'essai de résidus que les eaux n'ont pas entraînés, et que l'on trouve amassés tous en quantités considérables dans les environs de diverses usines.

	gr.
Résidus anciens, sables fins, amassés près l'usine de Fresnillo, grammes d'argent pour 100 kilog.	32
Résidus de minerais traités dans le siècle dernier, près de l'usine de la Granja Guadalupe de Zacatecas.	48
Sables séparés dans le canal de fuite de l'usine San Jozé, Zacatecas.	44
Résidus de l'usine Bernardez réputés riches, provenant de minerais chargés de proustite.	52
Moyenne de divers essais de sables déposés près des usines de Guanajuato.	40

Il serait facile de réunir plus de 100.000 tonnes de ces résidus par année.

Frais généraux. Résumé des frais de traitement par le patio. — Les usines mexicaines, celles tout au moins qui n'appartiennent pas à des compagnies étrangères, sont remarquables par la simplicité de leur organisation intérieure. Dans bien des exploitations produisant jusqu'à 500.000 fr. d'argent par année, on ne trouve souvent d'autre chef d'usine que l'*azoguero*. Les plus grandes entreprises sont conduites par un administrateur, surveillant lui-même les contre-maîtres techniques, et aidé par deux ou trois commis aux écritures.

Les frais généraux du traitement seraient ainsi fort minimes, si l'irrésistible entraînement qu'ont les ouvriers d'origine indienne pour le vol n'obligeait, dans l'intérieur des ateliers, à une surveillance très-active, d'autant plus onéreuse que les personnes capables de l'exercer sont plus rares. Pour d'autres exploitations, l'entretien d'une troupe d'hommes armés est indispensable pour se mettre à l'abri d'un coup de main. Ce chapitre des dépenses étrangères au traitement vient encore se grossir des impôts, contributions de guerre, fort ordinaires en ce pays, de sorte que les usines sont grevées de charges souvent fort lourdes qui leur seraient épargnées au milieu d'une population différente.

A Zacatecas, à l'usine Bernardez que j'ai précédemment citée, ces frais généraux ont été comme suit, savoir :

1° FRAIS GÉNÉRAUX DU TRAITEMENT PAR LE PATIO.

	tonnes.
Zacatecas. Usine Bernardez.— Minerais traités.	10.679

1° *Dépenses totales en piastres.*

	piastres.
Appointements fixes.	8.947,00
Frais divers généraux.	2.713,37
Contributions.	4.548,02
Amortissement de la valeur de l'usine et fonds de réserve.	2.069,60
Ensemble.	18.277 99

2° *Dépenses par tonne et en grammes d'argent.*

	grammes.
Appointements fixes.	21,409
Frais divers généraux.	6,493
Contribution.	10,882
Amortissement et fonds de réserve. . .	4,952
Total, frais généraux par tonne et en grammes d'argent.	43,736

L'usine Bernardez a pour sa direction un administrateur aidé d'un commis aux écritures; elle occupe cent vingt ouvriers conduits par trois contre-maîtres; elle renferme soixante-cinq arrastras en mouvement. Le travail total exige trois cent quatre-vingt-cinq mules disponibles, ce qui en exige quatre cent vingt au moins présentes à l'écurie, soit à peu près six mules à compter par arrastras. Elle produit environ 3 millions de francs, avec un capital de 400.000 à peu près. Cet atelier compte parmi les plus importants de Zacatecas.

A Guanajuato, à l'usine que j'ai citée pour ce district, celle de San Juan Népomuceno, les dépenses générales ont été comme suit :

FRAIS GÉNÉRAUX DU TRAITEMENT PAR LE PATIO A SAN JUAN NÉPOMUCENO. — GUANAJUATO.

1° *Dépenses totales en piastres pour* 3.853 *tonnes.*

	piastres.
Appointements fixes.	2.023,00
Droits ou impôts.	299,62
Garde intérieure.	185,75
Frais d'essais pour achat de minerais.	1.216,00
Divers.	88,55
Ensemble.	3.815,92

2° Dépenses en grammes d'argent et par tonne.

	grammes.
Appointements fixes.	13,44
Droits ou impôts.	1,99
Garde.	1,23
Essais pour achat de minerais.	8,06
Divers.	0,59
Ensemble, en grammes d'argent et par tonne. . .	25,31

Cette usine compte comme employés un administrateur et un commis ; elle occupe cinquante ouvriers environ par jour, à 1/2 piastre de salaire moyen. Elle a trente-deux arrastras, et pour tout son travail nourrit deux cent quarante mules, soit à peu près 7 mules 1/2 par arrastra. Sa production est de 3.750.000 francs environ, retirés de 3.500 à 4.000 tonnes de minerais achetés aux enchères.

Ces dernières indications sur les frais généraux des usines complètent le total des dépenses pour l'amalgamation par le patio ; les tableaux qui suivent en présenteront le résumé.

RÉSUMÉ DES FRAIS DE TRAITEMENT PAR LE PATIO.

1° District de Zacatecas. — Usine Bernardez.

Minerai traité pendant l'année.	10.679t,82
Argent produit pendant l'année.	14.089k,20

Prix correspondants des denrées et réactifs.

Maïs.	17f,60 les 100 kilog. (18 *réales la fanègue*).
Mercure.	58 piastres le quintal.
Fourrages.	5f,87 les 100 kilog. (1 *réal l'arrobe*).
Sel.	33 réales la charge.

(*a*) Dépenses totales en piastres et par opération.

	piastres.
1° Bocardage à sec	11.001,78
2° Porphyrisation à l'arrastra	27.301,56
3° Amalgamation sur le patio	61.486,44
4° Lavage des tortas	5.492,86
5° Distillation du mercure	1.606,80
6° Fusion des barres d'argent	285,83
7° Lavage des résidus	240,57
8° Frais généraux	18.277,99
Dépenses totales	125.693,83

(*b*) Dépenses, en grammes d'argent et par tonne.

	grammes.
1° Bocardage	26,235
2° Porphyrisation	65,329
3° Amalgamation sur le patio	147,129
4° Lavage	13,143
5° Distillation	3,845
6° Fusion	0,684
7° Lavage des résidus	0,576
8° Frais généraux	45,736
Ensemble, grammes d'argent dépensés par tonne	302,677

2° *District de Guanajuato. — Usine de San Juan.*

Minerais traités pendant l'année	3.853t,42
Argent produit pendant l'année	3.641k,78

Prix correspondants des denrées et réactifs.

Maïs	19f,56 les 100 kilog. (2 *piastres* ½ *la fanègue*).
Mercure	64 piastres le quintal.
Fourrages	10f,27 les 100 kilog. (1 *real* ¾ *l'arrobe*).
Sel	0,65 piastres l'arrobe.

(*a*) Dépenses totales en piastres et par opération.

	piastres
1° Bocardage aux *molinos*	4.917,92
2° Porphyrisation à l'arrastras	21.501,19
3° Amalgamation sur le patio	29.001,91
4° Lavage des tortas	2.758,70
5° Distillation et fusion de l'argent	559,42
6° Lavage des résidus	434,10
7° Frais généraux	3.815,89
Dépenses totales en piastres	63.019,13

(*b*) Dépenses en grammes d'argent et par tonne.

	grammes.
1° Bocardage	32,81
2° Porphyrisation	142.69
3° Amalgamation sur le patio	192,35
4° Lavage des tortas	18,30
5° Distillation et fusion de l'argent	3,71
6° Lavage des résidus	2,88
7° Frais généraux	25,31
Dépenses en grammes d'argent et par tonne	417.93

Si pour tenir compte de l'argent que l'on peut extraire par le traitement des résidus, on admet pour Zacatecas, par exemple, une perte définitive de 20 p. 100 seulement, au lieu du chiffre de 24,75 qui résulte des essais rapportés ci-dessus, on voit qu'à l'usine Bernardez :

Pour un rendement en argent : grammes.	131,92	p. 100 kilog.
Il a été perdu au traitement : grammes.	32,98	id.
Alors que les frais s'élevaient à	30,07	id.

La valeur de l'argent perdu dépasse donc la somme des frais métallurgiques.

La même conclusion pourrait se démontrer pour le Fresnillo, certaines usines de Pachuca, Tasco, etc.

Au lieu d'établir, comme il vient d'être fait, le prix de revient du traitement métallurgique, en faisant le compte des frais élémentaires de chacune de ses parties, on peut classer les dépenses des usines suivant leurs espèces différentes, et mettre ainsi mieux en évidence le caractère même de la méthode employée, et les besoins de l'industrie.

Ce classement, fait pour les deux usines que j'ai choisies pour exemple à Zacatecas et à Guanajuato, a conduit aux résultats suivants :

1° *District de Zacatecas. Usine de Bernardez. Minerai de Veta-Grande très-sulfuré.*

Travail d'une année. Traitement de 10.679 tonnes.
Rendement de 1.319 grammes d'argent par tonne.

(a) *Frais du traitement par le patio rapportés à 8 comptes principaux* (*).

	DÉPENSES totales en piastres.	DÉPENSES en grammes d'argent par tonne.	FRACTION pour 100.
Frais généraux	18.277,99	43,74	14,5
Main-d'œuvre	27.036,77	64,69	21,5
Force motrice. Mules	23.314,04	55,79	18,6
Dépense de mercure	24.063,27	57,58	19,1
Dépense de sel	22.078,02	52,8	17,6
Dépense de magistral	4.925,94	11,79	3,9
Matériel et divers	4.617,80	11,05	3,7
Combustible (**)	1.380,00	3,30	1,1
Totaux	125.693,83	300,77	100,0

(*) Les prix élémentaires correspondant à ces comptes étaient :

Mercure	58 piastres le quintal de 46 kilog.	
Graines de maïs	2 1/2 piastres la fanègue	17f,60 les 100 kil.
Paille, fourrage	1/8 piastre l'arrobe	5f,87 les 100 kil.
Sel	4 1/2 piastres la charge	17f,59 les 100 kil.
Charbon de bois	1 1/2 réal l'arrobe	8f,80 les 100 kil.
Bois résineux	4 réales l'arrobe	11f,73 les 100 kil.

(**) Dans ce chiffre ne figure que la dépense propre au traitement.

(b) *Consommation, en quantité, par tonne de minerai traité.*

Main-d'œuvre, manœuvres et surveillance, journées	4,05
Force motrice, mules de travail, journées	13,16
Mercure détruit, kilogrammes par tonne	1,786
Sel détruit, kilogrammes par tonne	69,15
Magistral détruit, kilogrammes par tonne	14,40
Combustible : charbon de bois, kilogrammes par tonne	6,73
Ocote, bois résineux, kilogrammes par tonne	0,89

2° *District de Guanajuato. Usine San Juan Nepomuceno. Minerais en mélange de tout le district, très-peu sulfurés.*

Travail d'une année. Traitement de 3.853 tonnes.
Rendement de 944g,9 d'argent par tonne.

(a) *Frais d'amalgamation sur le patio rapportés à 8 comptes principaux* (*).

	DÉPENSES totales en piastres.	DÉPENSES en grammes d'argent par tonne.	FRACTION pour 100.
Frais généraux	6.022,39	39,94	9,6
Main-d'œuvre. Surveillance	10.148,00	67,30	16,1
Force motrice. Mules	19.779,74	131,17	31,4
Dépense de mercure	8.007,00	53,10	12,7
Dépense de sel	9.441,00	62,61	15,0
Dépense de magistral	6.735,50	44,67	10,7
Matériel et divers	2.552,51	16,93	4,0
Combustible	332,99	2,21	0.5
Totaux	63.019,13	417,93	100,0

(*) Les prix correspondant à ces comptes étaient :

Mercure....... 64 piastres le quintal de 46 kilog.
Graines de maïs.. 2 1/2 piastres la fanègue, soit 19f,56 les 100 kil.
Paille, fourrage... 1 3/4 réal l'arrobe, soit.... 10f,27 les 100 kil.
Sel........... 8 1/4 piastres la charge.
Charbon de bois.. 1 2/3 réal l'arrobe, soit.... 9f,79 les 100 kil.
Bois résineux.... 3 piastres les 12 arrobes, soit 11f,73 les 100 kil.

De même que pour Zacatecas, la dépense portée au combustible ne comprend pas celle causée par la préparation du magistral, qui n'est pas essentielle au traitement, le magistral pouvant être remplacé par le sulfate de cuivre.

(b) *Consommation en quantité par tonne de minerai traité.*

Main-d'œuvre. Manœuvre et surveillance, journées....	4,67
Force motrice. Mules, journées...............	22,73
Mercure détruit, kilogrammes................	1,494
Sel marin et sel des lagunes, kilogrammes........	43,27
Magistral, kilogrammes....................	19,23
Combustible. Charbon de bois, kilogrammes.......	2,98
Combustible. Bois résineux, kilogrammes.........	1,48 (*)

(*) Les différences qui existent entre ces derniers nombres et ceux correspondants de Zacatecas sont faciles à expliquer :

A Guanajuato, on dépense en force près de dix journées de mules de plus qu'à Zacatecas; c'est que dans ce dernier district on se contente de sables fins au broyage des minerais, tandis que dans le premier on pousse le travail jusqu'à porphyrisation complète.

A Zacatecas, on consomme près de 300 grammes de mercure par tonne de plus qu'à Guanajuato; c'est que les minerais ici considérés étaient plus riches dans le premier district que dans le second, et l'on a vu que la consommation croît avec la teneur des minerais.

En résumé donc, l'amalgamation sur le patio permet de traiter les minerais d'argent avec une dépense de quatre journées et demie d'homme environ, et de 7 à 8 kilogrammes de bois ou de charbon par tonne. Ce sont là les traits distinctifs de la méthode, ceux qui la rendent si précieuse dans des contrées presque dépeuplées et dépourvues de combustible. Enfin, le total des frais du traitement représente un prélèvement de 30 à 40 grammes d'argent par 100 kilogrammes de minerais traités.

§ 5. — Amalgamation par le patio. — Minerais complexes.

La pratique du patio, telle qu'on vient de la décrire, cesse de donner des résultats acceptables, si les minerais contiennent une proportion un peu forte de chlorure, bromure, iodure, ou des sulfures multiples d'argent, certaines pyrites de fer ou de cuivre inaltérables au patio, des cuivres gris, des bournonites, des galènes ou des blendes argentifères.

Si la teneur des minerais, ou si les circonstances locales ne permettent pas de changer la méthode, on peut améliorer un peu les résultats : 1° en faisant intervenir l'action d'amalgames métalliques s'il s'agit de colorados imprégnés de chlorures ou bromures ; 2° en grillant au préalable les minerais, s'ils contiennent des sulfures argentifères complexes.

Traitement par les amalgames des colorados complexes.

L'usine de Zacatecas dépense 69 kilogrammes de sel par tonne, tandis que celle de Guanajuato n'en consomme que 43. Cette grande différence provient de l'impureté des sels, des *saltierras*, employés à Zacatecas, et des arrivages de sels purs de Colima, fréquents à Guanajuato.

Enfin la différence que l'on observe dans la consommation du magistral, plus faible dans ces exemples à Guanajuato qu'à Zacatecas, tient aux circonstances fortuites qui avaient cette année rendu impossible l'arrivage des minerais de Tepezala et l'obligation qui s'en était suivie d'employer des *magistrats* plus pauvres.

— La présence des sels non sulfurés de l'argent dans les minerais se manifeste par la tendance permanente que les tortas ont à s'échauffer, par une prolongation considérable dans la durée de l'opération, enfin par des pertes très-élevées en argent et en mercure.

Pour traiter ces minerais sur le patio, on commence l'opération comme d'ordinaire, puis lorsque la première dose de mercure a été convertie en amalgame, on répand quelques livres de sulfate de fer peroxydé à l'air, et on introduit dans la torta l'amalgame métallique dissous dans la deuxième dose de mercure à répandre.

Le métal employé en union avec le mercure peut être le zinc, le plomb ou le cuivre. La proportion qu'il faut en introduire dans les tortas ne peut être fixée que par la pratique, car elle dépend non-seulement de la teneur des minerais en chlorure, mais encore de la nature du magistral employé et de l'état de la torta. Un excès est favorable au rendement en argent et à la préservation du mercure, mais par contre le métal non dissous reste dans les pains d'argent et en rend l'affinage nécessaire.

La conduite d'une torta ainsi traitée ne diffère pas du travail ordinaire; on doit tenir compte d'une seule observation. Lorsque, à la suite des repasos qui suivent l'introduction de l'amalgame, la limaille métallique des essais quotidiens a disparu, il ne faut pas, comme dans le travail ordinaire, conclure que les minerais sont épuisés d'argent. Dans le cas qui nous occupe, surtout si la teneur en chlorure d'argent est un peu élevée, cette limaille, signe empirique de l'amalgamation dans le cas de minerais sulfurés, peut disparaître, et cependant le mercure peut continuer à prendre de l'argent; il est donc nécessaire de prolonger

(*) De même que pour le patio simple, je me borne ici à la pratique seule du traitement, réservant pour plus tard les explications théoriques.

l'opération plus qu'on ne l'aurait fait avec des minerais sulfurés, de faire des essais quotidiens de l'amalgame formé, et de ne procéder au lavage que lorsque la teneur en argent de cet amalgame est restée constante au moins pendant deux jours.

L'emploi de ces amalgames, pour le cas qui nous occupe, diminue la durée de l'opération et amoindrit aussi beaucoup les pertes de mercure, mais il n'améliore que bien peu le rendement en argent; aussi, lorsque les minerais sont un peu riches en chlorure ou bromure d'argent, préfère-t-on abandonner la méthode du patio et avoir recours à celle du cazo. Le travail avec les amalgames métalliques est donc en quelque sorte accidentel.

Application des amalgames métalliques au traitement des minerais sulfurés. — Cette utilité des amalgames métalliques, pour abréger le travail du patio et diminuer les pertes en mercure dans le traitement des minerais contenant de l'argent vert (*), est depuis longtemps connue au Mexique; sa pratique semble y être aussi ancienne que la méthode même du patio. Plus tard, lorsque les réactions de l'amalgamation mexicaine furent expliquées par la transformation du sulfure d'argent en chlorure, en présence du sel et du magistral, et la réduction de ce chlorure par le mercure, on chercha, dans le traitement des minerais sulfurés, à remplacer ce dernier métal par un autre moins cher et capable de la même action réductive. Le fer, le zinc, le plomb, l'étain, le cuivre furent successivement essayés, et les recherches poursuivies dans ce sens avec d'autant plus d'ardeur que les prix très élevés du mercure pesaient alors très-lourdement sur le travail des mines. Depuis, ces recherches n'ont pas discontinué, et les résultats aujourd'hui bien certains auxquels on a été conduit

(*) On applique indistinctement, au Mexique, cette dénomination d'argent vert (plata verde) au chlorure, au bromure et à l'iodure.

sont bien loin de ceux qu'on pouvait attendre d'après la théorie de l'amalgamation du patio. Je vais en donner le résumé.

Le fer en limaille introduit dans une torta en bon travail ralentit immédiatement l'amalgamation, et si le métal est en grand excès, toute réaction est suspendue; le mercure refuse de prendre de l'argent.

Le zinc agit dans le même sens. A Guadalupe y Calvo, l'emploi de ce métal, dont on attendait les meilleurs effets pour supprimer les pertes du mercure, fut essayé avec le plus grand soin. Des tortas traitées par l'amalgame de zinc furent laissées, jusque pendant quatre mois, étendues sur le patio, observées par des ingénieurs distingués venus d'Angleterre et d'Allemagne, et conduites par les *azogueros* les plus habiles, choisis dans tout le Mexique. On ne put gagner ni économie de temps ni amélioration du rendement en argent, et les pertes en mercure furent à très-peu près les mêmes que dans le travail ordinaire.

Les résultats sont tout à fait différents si l'on opère avec l'amalgame de cuivre. Par son emploi, on arrive toujours à diminuer la consommation du mercure, à abréger la durée de l'amalgamation, et à obtenir un meilleur rendement en argent. Cette action favorable du cuivre fut d'abord distinguée à Guadalupe y Calvo, mais elle n'y fut point expliquée (*). De nombreux essais ont été faits depuis, et bien que l'emploi de ce métal ne se soit introduit nulle part dans le travail des tortas ordinaires, on l'utilise cependant dans toutes les usines bien conduites : 1° pour porter remède aux tortas échauffées, en place de la chaux autrefois employée; 2° pour préserver le mercure dans les arrastras où l'on amalgame des minerais aurifères.

Je reviendrai plus tard sur l'emploi pratique du cuivre

(*) Saint-Clair Duport. *De la production des métaux précieux au Mexique.*

dans le travail ordinaire du patio et sur les raisons théoriques de son bon effet; je me bornerai ici à préciser cette conclusion bien certaine de l'expérience, que le fer et le zinc, utiles pour l'amalgamation de minerais contenant de l'argent chloruré ou bromuré, sont sans action ou même nuisibles dans le traitement de minerais sulfurés.

Traitement, par le grillage et sur le patio, des minerais sulfurés complexes. — Comme premier exemple de traitement de minerais sulfurés complexes rebelles à l'amalgamation sur le patio, je citerai d'abord les exploitations de *Charcas*, et pour montrer quelles difficultés présente au Mexique l'exploitation de certains gisements, et les dépenses et pertes auxquelles on est quelquefois condamné, je donnerai quelques détails sur leur situation générale.

Les mines de *Charcas* sont situées à vingt-cinq lieues environ N. de San Luis Potosi. Voisines des grandes plaines du nord, où les mules s'élèvent en grands troupeaux, et en relations faciles avec les régions agricoles du Venado, Hedionda, etc., elles peuvent se procurer la force motrice et la main-d'œuvre à des prix généralement plus favorables que dans bien d'autres districts. Elles sont éloignées de toute forêt, et le charbon de bois, exigé en grandes masses, y prendrait des prix inabordables; mais les plaines environnantes sont couvertes de yuccas et d'aloës de grande taille, dont les troncs fournissent un combustible suffisant aux rèverbères. Les chemins qui, de San Luis et du Saltillo, aboutissent aux mines, sont accessibles aux chariots, et le sel y arrive du Peñon blanco au prix de 4 piastres et demie la charge; la situation économique de ce district doit donc être considérée comme favorable.

La découverte de ces mines est de plus fort ancienne; les filons y sont extrêmement nombreux, et quelques-uns fort puissants; cependant la production de l'argent n'y a jamais atteint un chiffre élevé. Les exploitants s'y sont succédé en très-grand nombre, sans pouvoir donner une grande ex-

tension à leurs entreprises, attirés qu'ils étaient d'abord, par la richesse relative des minerais, puis rebutés par les difficultés de l'extraction de l'argent.

Les travaux d'exploitation se sont surtout étendus dans le sens horizontal tout le long d'un large faisceau de filons qui, sur la direction générale N. 75° à 80° O., traverse le district, à la recherche de quelques colonnes de minerais plus dociles au travail de l'amalgamation; mais la presque totalité de ces anciennes mines est abandonnée; il n'en reste plus guère que *deux* ayant quelque importance : celle de *Santa Rosa* et celle de *Minas Grandes*.

A *Santa Rosa* le filon est presque vertical; il a 1m,50 à 2 mètres de puissance, et sur toute cette épaisseur est entièrement métallique. A *Minas Grandes*, le filon a plus de puissance; c'est un mélange assez confus de chaux carbonatée, d'argiles vertes, de quartz pénétré de pyrites de fer empâtant de gros rognons de minerais.

Dans l'une et l'autre exploitation, ces minerais consistent en cuivre gris, galène et blende, mêlés de pyrites de cuivre et de pyrite de fer arsenicale.

L'argent est très-inégalement réparti entre ces diverses espèces minérales. Des échantillons purs triés avec soin de chacune d'elles, ont donné à l'essai par voie sèche les résultats suivants :

1° Cuivre gris antimonial sans plomb : couleur noire brillante, éclat gras, poussière rougeâtre obscure. Teneur.	750 gr. p.	100 kilog.
2° Galène massive : clivages faciles, faces courbes brillantes.	570	id.
3° Pyrite cuivreuse : cassure conchoïde, éclat gras et brillant.	90	id.
4° Blende blonde : fragile, couverte d'un enduit brun, fort abondante dans la mine. .	54	id.
5° Galène antimoniale et blende noire en masse serrée compacte.	45	id.
6° Pyrite de fer : grenue, arsenicale, sans pyrite cuivreuse apparente.	20	id.

Ces résultats indiquent que le premier soin de l'exploitation devrait être de séparer ces diverses espèces minérales. Ce triage n'est pas fait, et sauf une élimination sommaire des roches pierreuses par lavage à la main, le tout venant des mines est envoyé pêle-mêle aux usines.

Un échantillon moyen prélevé sur un lot important de ces minerais broyés et porphyrisés aux arratras a donné à l'essai par voie sèche :

Argent. . . . . 168 grammes p. 100 kilog.

Ces minerais sont trop pauvres; ils sont surtout trop difficiles au traitement pour qu'on puisse payer les ouvriers par une fraction des produits extraits. Le travail au *partido*, si répandu au Mexique, est ici impossible ; l'exploitation se fait à prix fixé en argent.

Le mineur fournit la poudre, l'éclairage, son travail et le sortage qu'il fait à dos d'homme, moyennant une demi-piastre par charge (138 kil.) de minerai trié. L'entreprise fournit l'outillage du mineur, le boisage, œuvres mortes intérieures et l'épuisement.

Dans ces conditions, la mine de Santa Rosa, en soixante-dix-huit semaines de travail et avec quarante ouvriers de toute espèce, a produit 22.471 charges soit 3.101 tonnes, avec une dépense totale de 48.000 piastres, ce qui donne 2,13 piastres pour prix de revient par charge, équivalant à 394 grammes de fin par tonne.

A Minas Grandes, on a produit 33.379 charges, soit 4.608 tonnes par une dépense de 76.617 piastres, ce qui porte le minerai à 2,29 piastres par charge, soit 424 grammes de fin par tonne.

Mais les exploitations alors voisines de leur début, étaient grevées de frais considérables ; on peut admettre 2 piastres par charge, pour prix de revient normal, de sorte que les usines de Charcas peuvent disposer en très-grande abondance de minerais prêts au traitement métallurgique, te-

nant 1.680 grammes d'argent par tonne et ayant coûté 370 grammes pour l'extraction et le triage, circonstances très-favorables, capables d'assurer de très-grands bénéfices, si ce n'était les difficultés du traitement métallurgique.

Ces minerais se sont en effet montrés, à l'état cru, entièrement réfractaires au *patio*, et d'après ce qu'on a déjà dit de la méthode du *cazo*, ils ne sauraient être soumis à ce traitement. Ils sont trop pauvres en plomb pour être fondus seuls, et trop pauvres en argent pour qu'on puisse, au Mexique, leur donner les matières plombeuses qui leur manquent. Enfin, si l'amalgamation saxonne n'a pas été essayée, on peut prévoir qu'elle ne donnerait guère de bons résultats, à cause de la blende, du plomb et du cuivre contenus.

Après de nombreux essais, les exploitants de Charcas se sont arrêtés à la formule de traitement suivante :

1° Grillage au réverbère des minerais porphyrisés avec 4 p. 100 de sels bruts du Peñon blanco;

2° Amalgamation sur le patio, avec nouvelle addition de 2 1/2 de sel et 3 1/2 de magistral pour 100 de minerai.

Voici maintenant les circonstances principales de ce travail et ses résultats.

Le broyage se fait sous des bocards et la porphyrisation sous les arrastras ordinaires. Les boues versées sur le patio y sont entièrement desséchées au soleil, mais elles prennent alors une consistance très-grande, et il faut les désagréger à coups de masse et les passer au crible pour les envoyer au grillage.

Le four de grillage employé est analogue au four à magistral ordinaire, la voûte est seulement plus élevée. La charge est d'ordinaire de 1.800 livres; le feu dure environ douze heures; il est très-doux, juste ce qu'il faut pour déterminer la combustion des pyrites de fer et de cuivre. On ne donne pas de coup de feu.

Dans quelques usines, les minerais grillés sont repassés pendant quelques heures aux arrastras pour détruire les agglomérations faites au grillage, puis on procède à l'amalgamation sur le patio par la méthode usuelle. L'opération est terminée en dix ou douze jours.

A l'usine de Minas Grandes, un lot de minerais porphyrisés, rendant à l'usine de 4 marcs à 4 1/2 au monton de 20 quintaux, 100 à 112 grammes 1/2 aux 100 kilogrammes, a donné à l'essai une teneur de 168 grammes.

A Santa Rosa, un minerai produisant 5 à 5 1/2 marcs au monton, 125 grammes p. 100 kilogrammes essayé, a accusé une teneur de 210 grammes.

Ainsi donc les pertes en argent, dans le traitement, varient de 34 à 42 p. 100 du métal contenu.

Les résultats ne sont guère meilleurs pour ce qui est de la consommation du mercure.

Deux tortas observées à l'usine de Minas Grandes, et considérées comme ayant donné, l'une un résultat moyen favorable pour le mercure, l'autre un résultat défavorable, ont présenté les pertes suivantes :

PREMIER CAS. — TRAVAIL FAVORABLE.

Perte en mercure.

			kilog.
Poids des minerais de la torta. . . .	Montones	30	27.600,00
Mercure employé.	Livres	640	294,40
Mercure retrouvé.	Id.	506	232,76
Mercure perdu.	Id.	134	61,64
Argent produit.	Marcs	122,5	28,20

ce qui donne une perte pour le mercure égale à :

20,93 p. 100 du métal employé.
218,58 p. 100 de l'argent produit.

DEUXIÈME CAS. — TRAVAIL DÉFAVORABLE.

Perte en mercure.

			kilog.
Poids des minerais de la torta. . .	Montones	17,0	15.640,00
Mercure employé.	Livres	470,0	216,20
Mercure recouvré.	Id.	300,9	138,25
Mercure perdu.	Id.	169,7	77,95
Argent produit.	Marcs	90,0	20,70

Les pertes en mercure ressortent dans ce travail à

36,05 p. 100 du métal employé.
376,50 p. 100 de l'argent produit.

Dans les conditions que j'ai précédemment indiquées pour les ressources générales de ces usines, savoir :

Le sel revenant à 4 piastres $\frac{1}{2}$ la charge,
Le magistral à 3 piastres la charge
Et les troncs de palmiers secs à $\frac{1}{2}$ piastre la charge,

la dépense totale du traitement revient à 13 piastres 1/2 par monton, la consommation du mercure n'étant pas comptée. Avec les minerais de Minas Grandes, il faut compter sur une consommation moyenne de 7 livres 1/2 de mercure par monton, soit, au taux actuel sur ces mines, de 65 piastres le quintal, 4,87 piastres de mercure perdu par monton de minerai traité.

En traduisant ces frais en grammes d'argent, et les rapportant à la tonne de minerai traité, on peut dresser le tableau suivant qui résume les exploitations qui nous occupent :

État des frais, pertes et bénéfices de l'exploitation des minerais de Charcas.

	Par tonne et en grammes d'argent.
1° Extraction et triage aux mines.	370,26
2° Transport par mules à 6 kilomètres $\frac{1}{2}$. . .	17,36
3° Dépenses d'usine sans le mercure. . . .	375,00
4° Consommation du mercure.	135,27
Ensemble, frais ou teneur nécessaire. . . .	897,89

	Par tonne et en grammes d'argent.
Frais, ou teneur nécessaire.	897,89
Bénéfices de l'exploitation.	227,11
Ensemble, teneur de rendement.	1.125,00
Pertes d'argent au traitement.	555,00
Ensemble, teneur réelle des minerais. . . .	1.680,00

Ainsi donc, les exploitants de Charcas, pour produire 1 d'argent, détruisent 2 et 3,75 de mercure; l'argent, perdu au traitement, dépasse, en valeur, la somme des frais métallurgiques, et les bénéfices de toute l'entreprise arrivent, à peine, à la moitié de cet argent perdu.

Je ne chercherai pas les causes de résultats aussi peu satisfaisants, qu'on retrouve dans bien d'autres districts. J'ai voulu seulement montrer par cet exemple ce que donne le *patio* appliqué à ces minerais d'argent de nature complexe, et faire voir aussi la part qui reste encore au progrès.

On peut seulement observer que la solution actuelle des exploitations de Charcas deviendrait impossible si le mercure remontait à ses anciens prix.

En effet, au moment de la découverte des mines de cinabre de la Californie, le mercure rendu à Charcas y revenait à 170 piastres le quintal. A ce taux, la dépense actuelle de 4,87 piastres par monton afférente à la consommation de ce métal s'élèverait à 127 piastres, et l'état de frais des entreprises deviendrait :

Dépenses des exploitations de Charcas, le mercure étant à 170 piastres.

	Grammes d'argent : par tonne.
Extraction et traitement sans mercure. . . .	762,62
Dépense de mercure.	353,90
Ensemble, teneur nécessaire.	1.116,52
La teneur moyenne de rendement est de. . .	1.125,00
Reste libre par tonne.	8,48

Ces exploitations devraient donc être abandonnées. Cette

influence du bas prix du mercure sur la production de l'argent se retrouverait dans un grand nombre d'autres districts à minerais analogues.

Amalgamation des minerais complexes à Zacatecas. — Les mines profondes de Zacatecas produisent des sulfures massifs auxquels l'amalgamation directe sur le patio est inapplicable. L'extraction de ces minerais est surtout importante à la mine de Quebradillas. Ils consistent en un mélange intime à grains très-serrés d'argent sulfuré, d'argent antimonié sulfuré rouge, avec beaucoup de blende, de la galène et des pyrites de fer dans une gangue siliceuse verdâtre. On n'observe pas de cuivres gris èt très-peu de pyrites cuivreuses.

L'amalgamation directe de ces minerais sur le patio ne donnerait aucun bon résultat; il faudrait dans les tortas un excès énorme de magistral et prolonger beaucoup l'opération. On aurait ainsi des pertes de mercure ruineuses, et l'on n'arriverait jamais qu'à de très-mauvais rendements en argent.

Le traitement pratiqué est le suivant :

Le minerai porphyrisé aux arrastras ordinaires est desséché au soleil, pulvérisé à sec et tamisé. On le mélange à 1 1/4 p. 100 de sels bruts du Peñon blanco, puis on le grille pendant douze heures dans des fours à magistral; mais il faut élever la température beaucoup plus que dans le cas du grillage des pyrites cuivreuses, à cause de la grande proportion de blende des minerais. Après quatre heures de feu, le minerai est au rouge vif, et l'oxydation pénètre facilement dans toute sa masse, on laisse baisser le foyer, puis on continue pendant huit heures au rouge, travaillant le plus possible à remuer la charge.

Les minerais défournés sont portés au patio, additionnés de 6 p. 100 de sel et de 3 1/4 p. 100 de magistral de Tepezala, puis amalgamés par le travail ordinaire.

Telle est la pratique du traitement. Voici maintenant ses

résultats, pertes en argent et pertes en mercure; ils sont résumés dans le tableau suivant. Les essais pour teneur en argent ont été faits sur les minerais grillés. Les pertes portées au tableau ne comprennent donc pas celles qui sont causées par le grillage.

Amalgamation sur le patio de minerais grillés à Zacatecas.
Pertes en argent et en mercure.

POIDS des tortas.	TENEUR en grammes pour 100 kilog.	ARGENT contenu.	ARGENT retiré.	ARGENT perdu.	MERCURE perdu.	ARGENT perdu pour 100 de métal contenu.	MERCURE perdu pour 100 de l'argent produit.
		kil.	kil.	kil.	kil.		
27,585	760	209,650	165,053	44,597	178,8	21,2	108,3
55,171	371 1/2	204,961	141,950	63,011	177,5	30,7	125,0
27,585	713	196,681	141,146	55,535	184,8	28,2	130,9
47,355	416	197,186	145,054	52,132	178,4	26,4	122,9
27,585	921	254,057	216,087	37,970	259,3	14,9	120,0
27,585	825	227,576	201,374	26,202	237,2	11,5	117,8
212,866	606	1.290,111	1.010,664	279,447	1.216,0	21,6	120,3

La perte en argent dépasse 20 p. 100; mais il est à remarquer que, dans ce traitement, la perte de mercure est moins forte que dans l'amalgamation des minerais crus ordinaires.

On traite encore par le patio, avec grillage préalable, les sulfures retirés, par le lavage à la planilla, des résidus séparés des tortas ordinaires. Ces résidus sont le plus souvent très-riches en pyrites de cuivre. On les grille au réverbère, mais sans addition de sel marin, et on les utilise ensuite comme magistral argentifère, dans le traitement des minerais crus. Cependant dans certaines usines où la production de ces résidus lavés est trop considérable, on en fait des tortas spéciales que l'on met en travail avec 4 p. 100 de sel, sans addition aucune de magistral, pour le début des opérations.

Voici, en ce qui concerne les pertes en argent et en mercure, les résultats de ce travail. De même que ci-dessus, le tableau ne comprend que les pertes faites sur le patio, à l'exclusion de celles causées par le grillage.

Amalgamation sur le patio des résidus lavés des tortas. — Pertes en argent et en mercure.

POIDS des tortas.	TENEUR en grammes pour 100 kilog.	ARGENT contenu.	ARGENT produit.	ARGENT perdu.	MER-CURE perdu.	ARGENT perdu pour 100 du métal contenu.	MER-CURE perdu pour 100 de l'argent produit.
tonnes.		kil.	kil.	kil.	kil.		
27,585	235,0	64,82	46,66	18,16	79,07	28,0	169,4
36,780	194,4	71,50	57,01	14,49	92,87	20,2	162,9
41,378	163,0	67,44	45,51	21,93	85.05	32,5	186,8
36,780	228,0	83,85	50,11	33,74	119,07	40,2	237,6
142,523	201,7	287,61	199,29	88,32	376,06	30,71	188,6

La perte en argent, pour le traitement de ces résidus toujours riches en cuivre, dépasse donc 30 p. 100, et la consommation du mercure a été environ de moitié plus forte que pour le traitement des minerais d'où proviennent ces résidus.

L'utilité pratique du grillage, pour un minerai donné contenant trop de sulfures complexes pour pouvoir être immédiatement amalgamé, ne peut être résolue qu'en traitant comparativement, avec et sans cette opération, deux tortas égales du même minerai. Je n'ai pas eu l'occasion de connaître au Mexique des expériences faites dans ce sens.

En général on peut dire que, si les minerais sont très-blendeux, on aura sur le patio de meilleurs résultats, en les grillant pendant longtemps et à un feu très-doux avec addition de 1 à 2 p. 100 de sel. Si les minerais contiennent beaucoup de pyrites de fer ou de cuivre, ou d'autres espèces de ce dernier métal, le grillage pourra toujours améliorer un peu le rendement en argent; mais cet avantage sera généralement compensé au Mexique, d'un côté par les frais de grillage, et de l'autre par des pertes de mercure très-élevées. Pour des minerais de cette espèce, à Real del Monte, Sombrerete, etc., la méthode du patio est abandonnée, et l'on applique l'amalgamation saxonne.

§ 6. — AMALGAMATION PAR LE CAZO.

La méthode du cazo consiste, comme on l'a vu ci-dessus, à amalgamer les minerais d'argent dans une chaudière à fond de cuivre en présence d'une liqueur salée bouillante.

Les minerais ainsi traités doivent contenir le métal précieux à l'état de chlorure, bromure, iodure; ils doivent aussi avoir une teneur élevée en argent 1/2 à 3 p. 100, et s'ils sortent de la mine en dessous de ce titre, on doit les y amener par le lavage à la planilla.

Travail du cazo. — Le cazo (*fig.* 7, Pl. III) est une chaudière à fond plat en cuivre A, à parois cylindriques légèrement évasées, faites en fortes douves de bois. Le métal du fond est en cuivre impur; il a une épaisseur fort grande, 18 à 20 centimètres, et forme une sorte de capsule à fond plat, ayant $1^m,80$ de diamètre et $0^m,18$ de profondeur. A son centre, ce fond porte venue à la fonte, une crapaudine sur laquelle tourne, sur un pivot de bronze, un arbre vertical portant deux bras en croix horizontaux, l'un *c* à $0^m,45$ du fond et tournant ainsi dans l'intérieur du vase, l'autre *d* à $0^m,85$ de hauteur, se prolongeant au dehors et servant à l'attelage d'une mule. Les douves de bois ayant $0^m,70$ de long reposent par une entaille à mi-bois sur le rebord saillant de la capsule inférieure. Elles sont maintenues par de forts cercles de fer. Tout autour de ces douves on élève un massif de terre compacte T épais au moins de $0^m,45$.

L'appareil est disposé au-dessus d'un fourneau, de construction en général fort grossière, où l'on brûle du mauvais bois, troncs de palmiers, souches d'agave, suffisants d'ailleurs pour faire bouillir l'eau salée qu'on verse dans la chaudière.

Deux prismes de cuivre massifs B, pesant chacun 3 quintaux, 138 kilogrammes, sont attachés au bras inférieur de l'arbre vertical; ces blocs doivent être disposés de façon à frotter ensemble sur toute la surface du fond du cazo. Une

seule mule attachée au bras supérieur met l'appareil en mouvement.

Les dépenses d'un pareil cazo pouvant durer dix ans, sont :

	piastres.
Fond de cuivre : 60 quintaux de métal à 20 piastres le quintal.	1.200
Deux blocs de fond, ensemble.	120
Douves placées : vingt-cinq à 3 reales.	9
Fourneau : maçonnerie massive.	40
Charpente du manége.	10
Maison d'abri pour un cazo supposé seul.	200
Ensemble, piastres.	1.579

Le travail de l'amalgamation est fort simple : on charge dans la chaudière 48 arrobes, soit 552 kilogrammes de minerais riches; on ajoute 2 1/2 à 3 arrobes de schlammes très-fins de minerais non lavés, puis on verse la quantité d'eau nécessaire pour obtenir une bouillie boueuse claire.

Le feu est alors poussé vivement, et la mule mise en marche. Au bout de deux heures la bouillie minérale est en pleine ébullition. On ajoute alors 52 kilogrammes de sel marin moulu, soit 10 p. 100 à peu près du minerai chargé, puis on verse la première dose de mercure égale en poids à la moitié de l'argent contenu dans le minerai, et on accélère l'allure de la mule; elle fait alors dix tours environ par minute.

L'amalgamation de l'argent commence aussitôt : une heure après l'addition du mercure, l'ouvrier prenant une corne de bœuf ouverte et munie d'un long manche, râcle au fond de la chaudière, et ramène une prise d'essai du dépôt inférieur qui s'amasse surtout en avant des blocs de cuivre en mouvement. Il lave les matières à la sébile, enlève les gangues et les matières métalliques, puis met en évidence le mercure qui doit se présenter sous forme d'un sable cristallin gris cendré très-clair. C'est un amalgame d'argent formé de deux de mercure pour un d'argent.

On ajoute alors la deuxième dose de mercure, égale

comme la première à la moitié de l'argent du minerai, et l'on maintient les matières en ébullition ; la mule doit conserver la même allure. Une heure après, un nouvel essai montre le métal entièrement converti en amalgame sec. On procède à une nouvelle addition de mercure, et cela jusqu'à ce que l'amalgame apparaisse dans la sébile d'essai, mou et mouillé de mercure en excès, même après avoir passé une demi-heure en réaction dans le cazo.

On considère alors l'opération comme achevée; cependant avant de la suspendre, l'ouvrier amalgameur (cazeador), fait un essai différent, la *prueva en crudo*. Il lave dans la sébile 4 à 5 onces du dépôt inférieur, élimine les gangues, ajoute un grand excès de mercure pour dissoudre l'amalgame, fait couler le métal hors de la sébile, et, frottant avec force le résidu contre les parois, examine si le minerai contient encore quelques parcelles de *plata verde* (chlorure ou bromure d'argent). S'il reste encore quelques parcelles de ces espèces minérales, l'opération doit être prolongée, mais sans nouvelle addition de mercure.

Après six heures, l'opération est d'ordinaire achevée, on ouvre la bonde du fond, les matières boueuses sont reçues dans des bassins extérieurs, et le dépôt plus lourd resté au fond du cazo est enlevé dans des baquets.

Ce dépôt est d'ordinaire formé de minerais oxydés de plomb et de fer, de très-peu de sulfures contenant de l'argent, etc., et enfin d'amalgame d'argent en poudre (*polveo*). On le lave dans de grandes sébiles de bois, au-dessus d'une cuve étanche, y ajoutant une nouvelle dose de mercure égale au poids total du métal employé, afin de rendre l'amalgame très-fluide, et prévenir les pertes qu'il serait impossible d'éviter, si l'on voulait séparer l'amalgame en poudre, du milieu des terres lourdes qui l'accompagnent.

L'amalgame obtenu est passé à la chausse filtrante, comprimé et distillé comme dans les usines travaillant au patio.

Conditions d'un bon travail; accidents qui peuvent se

produire.—La réduction des minerais par le cazo est d'autant plus active que la proportion de sel employée est plus grande, et que la vitesse de rotation des blocs de cuivre est aussi plus accélérée.

Pour les minerais les plus riches, la dose du sel ne dépasse pas 25 p. 100 du poids du minerai, et, quelle que soit, dans le cours de l'opération, l'urgence d'un frottement actif sur le fond de la chaudière, on ne peut guère obtenir de la mule plus de dix tours par minute.

La condition la plus importante à remplir, c'est d'éviter l'adhérence du mercure sur le fond en cuivre de l'appareil. Cette adhérence ne se produit pas si l'argent du minerai est, au mercure coulant versé dans le cazo, dans le rapport de un à deux. Au delà, s'il y a excès de mercure ou même si dans les limites de ce rapport la friction des blocs mobiles vient à se ralentir, le cuivre s'allie au mercure, et sa surface se couvre d'une couche très-mince mais très-adhérente d'amalgame d'argent. Si cet accident se produit, l'opération se prolonge, le mercure se détruit et le rendement en argent est des plus mauvais. Il n'y a qu'un remède possible, c'est de vider l'appareil et d'enlever mécaniquement le dépôt qui s'est formé au fond.

Sans cet accident, qu'il est d'ailleurs facile de prévenir en maintenant la mule à une allure assez rapide et en versant le mercure par très-petites doses, le travail du cazo donne des résultats réguliers, à peu près indépendants de l'habileté des ouvriers. Il les donne, de plus, dans l'espace de quelques heures, avantages précieux pour les mineurs à courtes ressources.

Consommation du mercure dans le cazo. Pertes d'argent. —Les réactions du cazo ne se portent pas sur le mercure; il n'y a donc aucune consommation nécessaire de ce métal. Aussi peut-on, dans une opération bien conduite, retrouver à la fin la totalité du métal qu'on a employé. Il n'en est pas cependant toujours ainsi. La séparation par

l'eau de l'amalgame et des résidus du fond du cazo, comme aussi la distillation sous la capellina, entraînent des pertes mécaniques sensibles. Dans les usines du Cédral près Catorce et dans celles de Matehuala ces pertes varient de 1 1/2 à 2 p. 100 du métal employé. Cette conservation du mercure dans le cazo est le trait distinctif de l'amalgamation à chaud.

Pertes en argent. — Les chlorures et bromures d'argent existent rarement seuls dans les minerais portés au cazo; ils y sont le plus souvent accompagnés par des espèces sulfurées, lesquelles ne sont pas réduites par l'amalgamation à chaud. Les résidus des usines travaillant au cazo ont ainsi une teneur en argent fort élevée.

Au Cerro de *San Pedro Potosi*, après une opération faite avec le plus grand soin, les résidus m'ont donné à l'essai 75 grammes d'argent pour 100 kilogrammes.

A Matehuala les boues recueillies au sortir de la chaudière et évaporées à sec ont accusé 125 grammes pour 100 kilog.

Il suit de cette association presque constante des espèces non sulfurées de l'argent, avec une proportion variable d'espèces sulfurées du même métal, que l'amalgamation par le cazo peut très-rarement être employée comme méthode *définitive*, un travail complémentaire est presque toujours nécessaire. Ce travail est l'amalgamation par le *patio*.

Les boues, au sortir de la chaudière, sont donc reçues d'ordinaire dans des bassins provisoires où l'excès d'eau s'évapore, on les distribue ensuite, soit en tortas ordinaires, soit en petits tas que l'on fait piétiner par des hommes. On ajoute alors 2 à 2 1/2 p. 100 de sel; mais il est inutile de faire aucune addition de magistral, car les eaux sorties du cazo tiennent en dissolution les sels de cuivre suffisants pour les réactions; puis l'amalgamation se conduit comme d'ordinaire. Cette amalgamation est seulement fort lente. A Catorce elle dure jusqu'à trois mois. Les pertes en argent sont toujours fort élevées, de 20 à 25 p. 100

et la consommation du mercure est d'ordinaire de 1 1/4 à 1 1/2 pour 1 d'argent obtenu.

Dépenses de l'amalgamation par le cazo. — L'amalgamation par le cazo n'est pas seulement la plus expéditive, c'est encore la plus économique de toutes les méthodes suivies, au Mexique, pour l'extraction de l'argent.

A Matehuala et à Catorce, où ce travail est surtout employé, les frais d'une opération s'établissent comme suit :

	piastres.
Cazeador : ouvrier amalgameur.	0,500
Atizador : chauffeur.	0,250
Bois de palmiers : 10 charges de baudet à 1 1/4 real.	1,562
Sel : 75 livres à 6 piastres les 300.	1,500
Mule à 1 1/2 real d'entretien par jour.	0,187
Mercure : 2 p. 100 perdu, à 65 piastres le quintal.	0,416
Distillation du mercure et frais divers.	0,250
Ensemble, par opération.	4,665

On traite dans une de ces opérations 48 arrobes, soit 1,200 livres de minerais, ce qui donne une dépense de 9 1/3 reales par *charge*, unité de poids de ces usines.

Si à ces frais spéciaux on ajoute ceux de la préparation mécanique et du lavage à la planilla, rapportant d'ailleurs ces dépenses à la tonne de minerais traités, et les évaluant en grammes de fin, on aura :

État de frais de l'amalgamation par le cazo, en grammes d'argent et par tonne.

			grammes.
Bocardage avec les mules.			17,36
Porphyrisation par l'arrastra.			57,86
Lavage à la planilla.			17,36
Amalgamation.	Main-d'œuvre	34,720	215,964
	Force motrice.	8,657	
	Combustible.	72,313	
	Sel.	69,443	
	Mercure.	19,258	
	Distillation.	11,573	
Ensemble, par tonne, frais de traitement.			308,544

Les dépenses inscrites ci-dessus pour le bocardage et la porphyrisation sont de beaucoup inférieures à celles que j'ai eu l'occasion d'indiquer pour d'autres districts. C'est que d'un côté, la porphyrisation de minerais à laver sur la planilla ne doit pas être aussi achevée que celle des minerais à porter sur le patio, et que de l'autre ces minerais à chlorures et bromures d'argent, dans les districts auxquels ces nombres se rapportent, ont été trouvés dans des gangues marneuses de pulvérisation très-facile.

Cette nature peu résistante des gangues qui accompagnent ordinairement le chlorure et bromure d'argent, l'état granuleux de ces espèces minérales, qui permet l'enrichissement des minerais par le lavage, et les frais peu élevés du traitement par le cazo, font étendre l'exploitation de cette sorte de minerais à des gisements de très-faible teneur en argent.

Ainsi à la mine de *la Luz* de Catorce, pourvu que l'extraction puisse se maintenir à un chiffre de 1.000 charges par semaine, soit 138 tonnes, le prix de revient du minerai sorti et trié à la main, ne s'élève pas à plus de 4 reales par charge. Les frais de transport à l'usine sont de 3 reales et les frais métallurgiques, par suite de la grande production des mines, s'abaissent à 10 reales. En évaluant ces dépenses en grammes de fin et les rapportant à la tonne, on a pour la teneur nécessaire aux minerais :

Teneur minima où peuvent descendre, à Catorce, les minerais réductibles au cazo.

	grammes.
1° Frais d'extraction et triage	92,59
2° Frais de transport	69,44
3° Frais de traitement métallurgique	231,47
Ensemble, teneur minima nécessaire par tonne.	393,50

Ces minerais, traités, d'abord par le cazo, y rendent 400 grammes d'argent environ par tonne, c'est-à-dire qu'ils payent ainsi tous leurs frais. Le bénéfice consiste dans le traitement des résidus.

Ces résidus comprennent les schlamms et sables pauvres séparés par le lavage à la planilla des minerais primitifs et toutes les boues sorties des *cazos*. On traite ces produits sur le patio et l'on en retire ainsi 1 onze ou 1 1/2 onze par charge, de sorte que ces exploitations de minerais de chlorures et bromures d'argent à Catorce peuvent réaliser des bénéfices avec des teneurs de 3 à 3 1/2 onzes d'argent par charge, 60 à 70 grammes p. 100 kilogrammes, teneur qui serait généralement insuffisante sur les filons quartzeux à minerais de sulfure d'argent.

§ 7. — Amalgamation par les tonnes tournantes. — Méthode saxonne.

Lorsque les minerais se présentent chargés de sulfures métalliques, que leur teneur en cuivre pyriteux arrive à 3 ou 4 p. 100, sans que la proportion de galène atteigne à cette limite, et qu'en même temps la richesse en argent est comprise entre 100 et 300 grammes de métal pour 100 kilogrammes, la formule de traitement qui reste seule possible est celle employée autrefois à Freyberg, grillage chlorurant à la température du rouge, et réduction du chlorure d'argent dans des tonnes tournantes par le fer et le mercure. En effet, les minerais qui ont la composition générale indiquée ci-dessus ne peuvent pas être amalgamés sur le patio. Traités par cette méthode sans être auparavant grillés, ils demanderaient des doses exagérées de magistral, qui détruiraient des quantités énormes de mercure et ne produiraient qu'une proportion d'argent insignifiante. Soumis à un grillage avec ou sans sel marin, ils reconstitueraient ce même excès de magistral par les pyrites de cuivre contenues et la conduite des tortas serait tout aussi impossible. Ces minerais ne renferment d'ailleurs que des sulfures d'argent simples ou complexes, irréductibles au cazo; ils sont enfin trop pauvres en plomb et en argent pour pou-

voir supporter les frais de la fonte au Mexique. Ces trois modes de traitement sont donc impossibles.

L'amalgamation saxonne qui peut leur être appliquée ne donnera pas des résultats absolument satisfaisants à cause des arsénio-sulfures, des antimonio-sulfures de cuivre et d'argent, de la blende et de la galène que ces minerais contiennent d'ordinaire en forte proportion; mais dans l'état actuel des choses au Mexique, cette solution est encore la meilleure, ou même la seule possible.

La méthode de Freyberg a été appliquée pour la première fois au Mexique, dans les usines de la compagnie de Real del Monte; elle y a sauvé d'une ruine imminente des mines à l'exploitation desquelles avait été perdu un capital de plus de 25 millions de francs, alors qu'on persistait à vouloir traiter les minerais par la méthode du *patio*. Ce traitement aurait pu rendre de très-grands services dans beaucoup d'autres districts, il ne s'y est pourtant pas généralisé, soit à cause des difficultés que les entreprises ont d'abord rencontrées à vouloir installer au Mexique un matériel identique à celui de Freyberg, soit à cause des déceptions qui ont suivi des tentatives faites sans les soins convenables (*).

En dehors de Real del Monte, on ne trouve ainsi que deux districts, Sombrerete et Matehuala, où l'amalgamation européenne ait reçu une application de quelque importance.

Les usines de Real del Monte ont reproduit à fort peu près le matériel de Freyberg; il est inutile de le décrire. Celles de Sombrerete et Matehuala ont réalisé la méthode

---

(*) Dans la province de Durango, un exploitant bien résolu à appliquer le traitement nouveau, après avoir construit à grands frais ses fours de grillage et son train d'amalgamation, crut pouvoir remplacer les disques de fer à mettre dans les tonnes, par des cailloux roulés. — Le résultat était inévitable. — Il détruisit son mercure, perdit l'argent des minerais et condamna la méthode.

par des constructions simples, peu dispendieuses, qui la rendent facilement applicable sur les exploitations disposant des ressources les plus faibles. Je ferai donc connaître ces constructions. Je me bornerai à indiquer, d'une manière générale, de quelle façon le travail est conduit dans les usines actuelles; je dirai enfin les résultats obtenus : 1° à Real del Monte; 2° à Matehuala.

Appareils de broyage. — Les usines qui ont adopté la méthode nouvelle ont toutes conservé les anciens appareils de broyage : les *molinos* et les *arrastras*. Leur emploi entraîne cependant de grands inconvénients.

Le broyage, en présence de l'eau, oblige à faire dessécher les minerais, à les concasser à nouveau, et à les passer au crible, opérations dispendieuses et fort encombrantes. La porphyrisation exacte que donne l'arrastra est inutile. Elle est même nuisible; car les boues qui en résultent prennent en se desséchant une cohésion très-grande et exigent par suite beaucoup de travail, pour être désagrégées; elles donnent ensuite aux minerais portés au rouge dans le réverbère une mobilité très-grande qui augmente beaucoup les pertes par volatilisation et par entraînement mécanique. Ces inconvénients sont atténués par un bocardage très-fin sous un bocard à poitrine pleine, avec déversoir supérieur et courant d'eau très-faible dans l'auge de broyage, tels qu'ils sont employés à Sanchez et Velasco, près de Real del Monte. Mais la dessiccation des minerais broyés est toujours nécessaire, et, même au Mexique, il n'est pas possible de la faire par simple exposition au soleil, lorsqu'il s'agit de minerais en grandes masses. L'emploi du feu devient nécessaire, et, dans les usines que je viens de citer il ne faut pas moins de 32 fours occupés à ce travail.

Le bocardage *à sec* suivi de tamisages fréquents avec des appareils convenables n'a pas été, je crois, essayé au Mexique; il est cependant probable qu'avec les dépenses de

main-d'œuvre et de combustible qu'exige le travail actuel, ce dernier système serait le plus avantageux.

Fours de grillage. — Les dimensions à donner aux fours de grillage dépendent de la nature des minerais, de l'espèce de combustible disponible, et de l'énergie des ouvriers employés.

L'influence des premières circonstances ne peut être appréciée d'une manière générale. Pour ce qui est de l'activité des ouvriers mexicains il faut, si l'on veut obtenir une élaboration convenable des charges, ne pas leur faire dépasser 250 à 300 kilogrammes.

Le four suivant (Pl. III, *fig.* 8 et 9) appliqué au grillage de minerais très-blendeux, et brûlant des bûches de mimosa, très-sec et très-dense, donne de bons résultats.

La sole est elliptique, le foyer parallèle au petit axe, la porte de travail placée en face de l'arrivée des flammes à l'une des extrémités du grand axe. Le foyer a $0^m,42$ sur $1^m,20$ de surface de grille et 0,50 de profondeur, l'aire de grillage est à 0,22 en contre-bas de l'autel, elle a $2^m,65$ dans le sens du mouvement des flammes, $1^m,88$ dans le sens perpendiculaire. La voûte s'élève de $0^m,56$ au-dessus de la sole en son milieu et de $0^m,28$ à chacune de ses extrémités. La cheminée prend son ouverture au-dessus de la porte de travail; elle a $0^m,65$, en carré d'abord, se réduit à $0^m,35$ après 1 mètre de parcours, et arrive avec cette section à 5 mètres de hauteur.

L'ouverture de chargement est cylindrique, garnie de fer et au centre de la voûte; les minerais grillés sont déchargés par une ouverture ménagée dans la sole près la porte de travail; ils tombent dans un espace voûté disposé dans le massif du four. La cheminée est sans registres, mais le foyer et le cendrier sont munis de portes de tôle qui règlent le feu.

Les matériaux de construction sont ou des briques ou des blocs de trachytes; mais les terres réfractaires sont

extrêmement rares au Mexique, si même il y en existe de bonnes. La construction avec du trachyte est donc préférable, mais il faut en prendre les variétés poreuses qui résistent bien, pourvu qu'on élève la température avec une grande lenteur. A défaut de dalles réfractaires on peut paver le four avec des briques placées de champ. Le haut prix du fer rend les armatures très-dispendieuses à établir; on les remplace par un revêtement extérieur très-épais, fait avec des briques séchées au soleil (*adobes*) de $0^m,80$ de long sur $0^m,40$ de large.

Le bois de mimosa est le meilleur combustible de ceux que donne le Mexique pour le travail du réverbère. Il est en effet très-dense et permet d'arriver à une haute température, tout en conservant un courant de flammes oxydantes. La position de la porte à l'extrémité du grand axe de la sole pourrait rendre le travail de l'ouvrier plus pénible, si le four était plus grand et les charges plus fortes. Elle a l'avantage de mieux utiliser la chaleur, de ne pas refroidir la charge quand il faut en renouveler les surfaces; elle diminue enfin les pertes mécaniques, le tirage du four étant à peu près supprimé dès que cette porte est ouverte.

Le haut prix du combustible au Mexique semblerait devoir faire adopter les fours à double sole, l'une pour la dessiccation, l'autre pour le grillage chlorurant. Ces fours ont, en effet, été essayés; mais, soit que le four supérieur de séchage fût trop chaud au moment du chargement des minerais humides, soit que le travail des deux soles confié au même ouvrier ne fût pas suffisamment actif, il se produisait une grande quantité de grumeaux que l'on ne parvenait pas à détruire par le râble; et comme les minerais sont portés aux tonnes d'amalgamation, tels qu'ils tombent du réverbère, les pertes en argent étaient de beaucoup augmentées. Cette disposition a donc été abandonnée.

Tonnes d'amalgamation. — La construction d'un train de tonnes analogue à celui usité autrefois à Freyberg, et sa

mise en mouvement au moyen de mules soulèverait des difficultés sérieuses sur la plupart des mines mexicaines ; ces difficultés sont supprimées par le matériel suivant employé dans les provinces de Durango et San Luis.

Les tonnes sont disposées par paires, de chaque côté d'un arbre vertical, autour duquel elles tournent et roulent en même temps, mises en mouvement par la traction directe des mules. En dessous d'elles est un bassin circulaire étanche où se vident les minerais amalgamés et où se font les manipulations du mercure.

Les *fig.* 10, 11 et 12, Pl. III donnent les détails de construction de l'appareil. L'arbre vertical A, mobile sur un pivot au centre du bassin C, porte par un assemblage à mi-bois et un fort serrage à vis, un bâti horizontal en madriers de $0^m,25$ sur $0^m,12$, B, lequel forme, de chaque côté de l'arbre, deux cadres rectangulaires où sont placées les tonnes T. Celles-ci reposent ainsi par leurs tourillons sur le bâti mobile ; elles portent en même temps, par un fort cercle de serrage en fer placé près de leur tête extérieure, sur le bord du bassin inférieur ; elles peuvent ainsi tout à la fois rouler et tourner au-dessus de ce bassin. Les bords de ce bassin sont formés par de fortes douves de bois dont les têtes sont recouvertes par une couronne de fer. Les mules sont attelées sur le prolongement des plus longs côtés du bâti des tonnes.

Ces tonnes ont d'ordinaire à l'intérieur $0^m,81$ de diamètre et 1 mètre de longueur ; elles sont traversées par un axe en bois rond de $0^m,16$ de grosseur et séparées en deux par une cloison perpendiculaire à l'axe, disposition qui assure une solidité plus grande.

Les tonnes portent une bonde dont le bouchon de bois est percé à son centre et porte une sorte de robinet par lequel on fait d'abord écouler le mercure. Le déchargement des minerais se fait en ouvrant la bonde plus large, les boues amalgamées sont lavées dans le bassin inférieur où l'on

fait arriver un courant d'eau claire, et opérant par décantations successives. Le fond du bassin présente, près du dernier orifice d'écoulement, une petite cuvette de 0^m,40 de diamètre et de 0^m,20 de profondeur, où se réunissent le mercure divisé et les grains d'amalgame qui n'ont pu se réunir dans les tonnes. Ce débourbage des minerais amalgamés se fait par des hommes marchant en tous sens et les jambes nues, dans le bassin. Les résidus de sulfures que l'on trouve toujours avec le mercure recueilli dans le bassin, sont d'ordinaire perdus.

Dans les conditions ordinaires au Mexique, savoir : le fer à 12 piastres le quintal (1.400 francs la tonne), le bois de construction ayant 0^m,35 d'équarrissage à 2 $\frac{1}{4}$ piastres la vare courante, et les ouvriers spéciaux à 1 piastre par jour, la construction d'un pareil manége coûte environ 400 piastres.

Le service d'un couple de tonnes exige 4 mules à entretenir, 2 en travail, 2 en repos ; on peut y amalgamer de 7 à 800 kilogrammes par jour en ne faisant qu'une opération par 24 heures. De même que l'*arrastra*, ce manége se prête aux exigences des plus grandes comme des plus petites exploitations.

Amalgamation européenne à Catorce. — L'un des plus puissants filons de Catorce, celui de *San Agustin*, après avoir longtemps produit des chlorures et des bromures d'argent, finit par perdre ces espèces minérales qui furent remplacées par l'argent natif et l'argent sulfuré. Les usines dépendantes de ce filon qui avaient d'abord suivi la méthode du cazo, durent l'abandonner pour prendre celle du patio. Mais à mesure que les travaux s'approfondirent, les minerais continuèrent à changer de nature, le sulfure simple d'argent fut remplacé par l'argent rouge antimonial, en même temps les cuivres pyriteux et la blende devinrent plus abondants ; par suite aussi, l'amalgamation par le patio devint de plus en plus inefficace et dispendieuse. Ainsi durant les dernières

années, avec des minerais tenant 2 marcs par charge, 333 grammes par 100 kilogrammes, on en était venu à employer jusqu'à $5\frac{1}{2}$ p. 100 de magistral dans les tortas. On détruisait 30 à 40 p. 100 du mercure employé, et on perdait plus de la moitié de l'argent contenu; c'est alors qu'on essaya d'appliquer le traitement saxon. Les résultats furent meilleurs que sur le patio, et la méthode fut définitivement adoptée.

D'après l'analyse faite d'un échantillon moyen, ces minerais de San Agustin contiennent pour ce qui est des éléments essentiels : $2\frac{1}{2}$ p. 100 de cuivre, 12 p. 100 de zinc, $4\frac{1}{2}$ p. 100 de plomb, et 280 grammes d'argent pour 100 kilogrammes de minerais crus.

On voit que l'amalgamation de Freyberg ne peut guère donner des résultats satisfaisants, voici ceux qu'on obtient.

Les minerais secs et tamisés sont mêlés à 12 p. 100 de sel marin brut du Peñon blanco, puis chargés au réverbère. Comme seul combustible disponible à Matehuala, on a des troncs d'agave, combustible sans densité, ne donnant au feu qu'une flamme passagère. Les fours employés sont d'ailleurs peu favorables, aussi ne faut-il pas moins de vingt-quatre heures de feu pour l'élaboration d'une charge de 300 kilogrammes. On considère le grillage comme achevé lorsque le minerai lavé sur la sébile ne montre plus de sulfures inaltérés.

Les minerais grillés sont portés aux tonnes sans mouture et sans digestion préalable dans l'eau salée.

On charge dans chaque tonne 280 kilogrammes environ de minerai grillé, 50 kilogrammes de fer en plaquettes et la quantité d'eau nécessaire, pour que, après quelques révolutions des tonnes, une tige de bois plongée dans la masse par l'ouverture de chargement, y pénètre sans peine et s'y maintienne droite. On met ensuite les tonnes (Pl. III, *fig.* 13) en mouvement, au pas ordinaire des mules, deux heures après on verse 70 kilogrammes de mercure, puis on main-

tient le train en mouvement pendant dix-huit heures; on achève de remplir les tonnes d'eau et après deux nouvelles heures on procède au déchargement des résidus.

La séparation de l'amalgame, sa compression et la distillation du mercure, se font comme dans les usines travaillant au patio.

Dans une opération que j'ai pu suivre à Matehuala et qui fut conduite avec soin, les résultats du travail pour l'argent furent comme suit :

Le minerai cru donna à l'essai :

Grammes d'argent p. 100 kilog. . . . . 217 ½ gr.

Après le grillage le minerai avait perdu 7 p. 100 de son poids.

Le minerai grillé donna à l'essai :

Grammes d'argent p. 100 kilog. . . . . 177 gr.

Enfin les résidus après l'amalgamation dans les tonnes furent réunis, évaporés et essayés.

Ces résidus accusèrent à l'essai :

Grammes d'argent p. 100 kilog. . . . . 50 gr.

D'après ces nombres, et pour cette opération, type probable du travail de l'usine, les pertes de l'argent s'élèveraient à 45,8 p. 100 du métal contenu dans les minerais.

L'usine à laquelle se rapportent les indications qui précèdent, élaborait par jour 6 charges (828 kilog.) de minerai. Elle comprenait 2 fours de grillage en feu et 3 tonnes d'amalgamation réunies en un seul manége; ses dépenses quotidiennes étaient :

TRAITEMENT PAR LES TONNES A MATEHUALA.

Dépenses pour six charges de minerai en piastres.

Bocardage et porphyrisation.

		piastres.
Prix fait à $3\frac{1}{4}$ réal par charge		2,43

Séchage au soleil. — Tamisage.

Trois manœuvres à $\frac{1}{2}$ piastre par jour		1,50

Grillage au réverbère.

Main-d'œuvre : quatre portes à 5 reales	2,50	13,82
Sel : 12 p. 100 du minerai à 6 piastres la charge	4,32	
Bois : 200 arrobes à $\frac{1}{4}$ real l'arrobe	6,25	
Fers et matériel	0,75	

Amalgamation dans les tonnes.

Main-d'œuvre à $\frac{1}{2}$ piastre par jour	1,50	5,18
Mercure perdu : en moyenne 4 onzes par marc d'argent extrait. Minerai supposé riche à $1\frac{1}{2}$ marc par charge, au prix de 70 piastres pour le quintal de mercure	1,43	
Mules motrices des tonnes : 12 à 1 réal par jour	1,50	
Fers des tonnes et matériel, usure	0,75	

Distillation du mercure.

Main-d'œuvre et combustible		0,25
Ensemble, pour six charges et en piastres		23,18

Ces dépenses traduites en grammes d'argent et rapportées à la tonne, donnent l'état de frais suivant :

TRAITEMENT PAR LES TONNES A MATEHUALA.

Dépenses par tonne et en grammes d'argent.

Bocardage et porphyrisation.

	grammes.
Main-d'œuvre. Mules. Matériel	74,99

Séchage et tamisage.

Main d'œuvre	46,29
A reporter	121,28

			grammes.
Report			121,28
Grillage au réverbère.			
Main-d'œuvre	77,16		
Sel marin	133,33		
Combustible	192,90		426,54
Fers d'outils et matériel	23,15		
Amalgamation dans les tonnes.			
Main-d'œuvre	46,29		
Mercure perdu	44,13		
Mules motrices	46,29		159,86
Fers et matériel	23,15		
Distillation et fusion.			
Main-d'œuvre et combustible			7,72
Ensemble, par tonne et en grammes de fin			715,40
Pour les minerais moyens dont il s'agit ici tenant 1 1/2 marc par charge, soit 250 grammes pour 100 kilogrammes, et d'après les pertes déterminées ci-dessus de 45 p. 100 de l'argent total contenu; l'argent perdu par tonne s'élèverait en grammes à			1.125,00

Ainsi la valeur de l'argent perdu est encore ici supérieure à la somme des frais métallurgiques.

Ces états de frais seraient à peu de choses près applicables à toutes les usines peu importantes des provinces du nord, où les mules sont la seule force disponible, où le bois est rare et le sel bon marché.

Amalgamation européenne à Real del monte. — Les premiers essais de la méthode de Freyberg à *Real del monte* remontent à 1843. Ces mines étaient alors aux mains d'une compagnie anglaise. Les minerais extraits pour la plus grande partie de mines très-anciennes et très-profondes, étaient relativement pauvres, et traités par le patio ne donnaient que de bien mauvais résultats. Leur rendement moyen était d'à peu près 165 grammes pour 100 kilogrammes; pour 1 partie d'argent extrait il fallait perdre 2 $\frac{3}{4}$ parties et quelquefois 3 $\frac{1}{2}$ parties de mercure, et la somme des frais métallurgiques seuls représentait 46 à 47 p. 100 de la valeur

de l'argent. Des essais démontrèrent qu'il y avait avantage à remplacer l'amalgamation du patio par celle de Freyberg, mais la compagnie anglaise avait depuis longtemps épuisé ses ressources, elle était alors en présence d'un découvert de plus de 25 millions de francs; elle abandonna son entreprise, et la transformation de traitement qu'elle avait reconnue nécessaire, et qui aurait pu la sauver, fut réalisée quelques années après, par l'association de capitalistes mexicains qui s'étaient décidés à poursuivre ces exploitations.

L'amalgamation saxonne est aujourd'hui appliquée dans trois usines de ce district, *Sanchez*, *Velasco*, *San Miguel*, lesquelles peuvent traiter ensemble près de 25.000 tonnes par année. Elles prennent leur force motrice partie à un cours d'eau le long duquel elles sont toutes trois établies, partie à des moteurs à vapeur. Le combustible dont elles disposent est de l'essence de chêne, de mimosa ou de sapin, valant, les grosses bûches, 124 francs la tonne à pied d'œuvre; le sel marin est fort cher et revient au moins à 60 francs les 100 kilogrammes; sauf le prix de ce dernier article, la situation était favorable à l'application de la méthode.

Les minerais proviennent de vingt-cinq ou de trente exploitations que l'entreprise actuelle maintient toujours en activité; ils sont donc de nature très-variée et comprennent tous les produits des mines à argent sulfuré complexe trop chargés de cuivre pyriteux ou de cuivre gris, de galène ou de blende pour pouvoir aller au *patio*, et trop pauvres en argent pour pouvoir supporter les frais de la fonte. Le sulfure métallique nuisible, dominant dans l'ensemble, est la blende.

Les traits principaux du traitement sont les suivants:

Les minerais ne sont pas exactement porphyrisés, mais seulement réduits en sables fins, sous un bocard à auge pleine, à courant d'eau constant dans l'auge, et déversoir supérieur le long de la poitrine. Les sables desséchés dans de grands réverbères, sont mêlés à une proportion de sel de

Texcoco qui s'abaisse quelquefois à $4\frac{1}{2}$ p. 100 et ne s'élève pas au-dessus de 6 p. 100. La grande production des mines excite à conduire le travail des usines le plus rapidement possible; le grillage se fait donc à très-haute température, et malgré la grande quantité de blende contenue, ne se prolonge pas au delà de quatre heures. Les minerais sont portés aux tonnes tels qu'ils tombent du réverbère, l'amalgamation dans les tonnes dure dix-huit heures.

Voici maintenant pour ce qui concerne les pertes en argent et les dépenses effectives, les résultats de ce travail.

Des prises d'essai sont prélevées chaque jour et dans chaque usine sur les minerais crus avant le grillage, sur les minerais grillés portés aux tonnes, et sur les résidus sortis des tonnes. Ces échantillons moyens sont réunis et essayés dans le laboratoire de l'usine de Loreto à Pachuca, de façon à établir la marche des opérations par semaine et par mois. Les essais sont faits par scorification.

Le tableau qui suit fait connaître, traduits en grammes pour 100 kilog., les résultats ainsi obtenus en 1862-1863 pour les trois usines *Sanchez*, *Velasco*, et *San Miguel*.

Amalgamation saxonne à Real del Monte. — Teneur des minerais et des résidus du traitement 1862-63. — Grammes d'argent contenus aux 100 kilogrammes.

DATES du travail.		USINE DE SANCHEZ.			USINE DE VELASCO.			USINE DE SAN MIGUEL.		
		Minerais crus.	Minerais grillés.	Résidus du traitement.	Miner ais crus.	Minerais grillés.	Résidus du traitement.	Minerais crus.	Minerais grillés.	Résidus du traitement.
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
1862	Juin. . . .	253	222	38	240	207	28	224	204	33
	Juillet. . .	246	220	41	233	206	35	236	208	25
	Août. . . .	243	220	42	234	213	33	216	200	33
	Septembre	258	228	39	233	204	34	241	225	38
	Octobre. .	267	224	41	217	200	31	217	200	34
	Novembre	266	225	40	216	200	33	200	183	33
	Décembre	243	212	34	187	150	25	174	150	34
1863	Janvier.. .	242	208	33	200	170	25	200	183	30
	Février.. .	258	208	32	208	183	30	217	200	32
	Mars. . . .	214	183	28	216	182	24	233	192	33
	Avril. . . .	256	217	42	245	200	33	158	141	34
	Mai.	275	225	42	250	208	36	150	141	25

Ces résultats font déjà voir que les pertes en argent doivent être très-considérables ; mais il est difficile de les déterminer exactement ; car les poids des minerais livrés aux usines ne sont pas connus avec assez de certitude pour qu'on puisse calculer l'argent contenu, et le comparer à l'argent réellement extrait.

Quelques pesées que j'ai pu faire, à cette époque, à l'usine de Sanchez, m'ont fait voir que les minerais perdaient au grillage 8 p. 100 de leur poids environ, et que les résidus de l'amalgamation laissés par l'eau représentaient 86 p. 100, à peu près du poids des minerais grillés.

Ces chiffres ne sont certainement pas constants; si l'on voulait, cependant, les généraliser au travail ordinaire de ces usines, on pourrait se servir des essais qui précèdent pour évaluer les pertes probables.

Ces pertes ressortent ainsi :

De 29 à 36 p. 100 pour l'usine de Sanchez, en moyenne 32 p. 100.
De 27 à 36 p. 100 pour l'usine de Velasco, en moyenne 30 p. 100.
De 25 à 35 p. 100 pour l'usine de San Miguel, en moyenne 28 p. 100.

Ces pertes si élevées sont certainement dues en grande partie à la nature difficile des minerais qui contiennent beaucoup de blende, d'arsenic et d'antimoine, et une proportion sensible de galène; mais elles doivent en partie aussi être attribuées au travail défectueux des usines actuelles.

Frais de traitement. — Le tableau qui suit indique quels ont été, pour chacune des trois usines existant dans le district de Real del Monte, et pour le 2e trimestre de 1863, le poids des minerais traités, et les dépenses totales en piastres de ce traitement ; il indique aussi le prix de revient de ce traitement, rapporté au monton et exprimé en piastres, puis rapporté à la tonne et exprimé en grammes d'argent.

Amalgamation saxonne à Real del Monte. — Frais résumés du traitement.

NOMS des usines.	POIDS DES MINERAIS traités.		DÉPENSES totales en piastres.	PRIX DE REVIENT du traitement.	
	Charges.	Tonnes.		Par monton, en piastres.	Par tonne, en grains de fin.
Sanchez.	12.790	1.765,02	33.676	26,33	487,5
Velasco.	19.300	2.663,40	72.915	37,78	699,6
San Miguel.	7.735	1.067,43	25.069	32,41	683,8
Totaux et moyennes. .	39.825	5.495,85	131.660	33,05	612,2

Ces trois usines présentent des différences très-grandes dans leurs prix de revient; ces différences proviennent de la nature diverse des minerais livrés à chaque usine, des doses de sel différentes qui leur sont consacrées, de l'insuffisance plus ou moins grande des moteurs hydrauliques, de l'emploi complémentaire qu'il faut faire des moteurs à vapeur, enfin des facilités différentes pour les approvisionnements de combustible.

Pour montrer la composition de ce prix de revient, je prendrai pour exemple l'usine de Sanchez où ce prix est le moins élevé.

Cette usine, avec les ateliers de l'*aviadero* qui lui sont voisins, comprend : 1° 2 bocards mis en mouvement par 2 roues en dessus de 40 pieds de diamètre (50 pilons dont 40 en moyenne en mouvement) ; 2° 6 fours pour le séchage des minerais, et 14 réverbères pour leur chloruration ; 3° un train de 16 tonnes mis en mouvement par une chute d'eau, et un train moitié moindre conduit par un moteur à vapeur.

Dans ces conditions, les frais élémentaires pendant ce même semestre de 1863 ont été comme suit :

AMALGAMATION SAXONNE A REAL DEL MONTE. — USINE DE SANCHEZ.

Dépenses élémentaires totales en piastres pour 12.790 charges de minerai traité.

1° Bocardage.

	piastres.
1° Main-d'œuvre et roulage du bocard à l'usine	3.568,4
2° Matériel : fers et sabots du bocard	741,8
3° Bois de charpente	408,5
Ensemble	4.718,7

2° Grillage.

1° Main-d'œuvre pour le séchage	2.583,6
2° Tamisage	805,8
3° Sel : 4,88 p. 100 du minerai à 1 $\frac{1}{3}$ piastre l'arrobe	10.078,5
4° Bois : 57,08 p. 100 du minerai à 3,17 piastres la charge	3,108,0
5° Fers des outils et forge	275,5
6° Matériel	110,3
Ensemble	16.961,7

3° Amalgamation dans les tonnes.

1° Main-d'œuvre	1.624,3
2° Mercure perdu : 4,68 onzes par marc, 58 p. 100	2.647,5
3° Fer des tonnes	191,9
4° Huile	370,9
5° Matériel	240,0
6° Moteur à vapeur des tonnes	1.880,1
Ensemble	6.954,7

4° Distillation du mercure et fusion.

1° Main-d'œuvre	89,50
2° Charbon de bois	230,20
3° Matériel	187,10
Ensemble	506,80

5° Frais généraux.

1° Direction et soldes fixes	2.225,50
2° Matériel des bâtiments	490,00
3° Divers	1.816,20
Ensemble, piastres	4.531,70

Ces dépenses faites pour le traitement de 12.790 charges de minerai, rapportées à la tonne et évaluées en grammes d'argent, avant le monnayage, conduisent aux résultats suivants.

AMALGAMATION SAXONNE A REAL DEL MONTE.

Dépenses, par tonne, et en grammes de fin.

		grammes.
1° Bocardage		68,306
2° Grillage :		
Main-d'œuvre	11,664	245,527
Tamisage	37,399	
Sel	145,890	
Bois	44,990	
Fers des outils	3,988	
Matériel	1,596	
3° Amalgamation :		
Main-d'œuvre	23,512	100,750
Mercure perdu	38,324	
Fers des outils	2,784	
Huile pour machines	5,359	
Matériel	3,474	
Moteur à vapeur des tonnes	27,297	
4° Distillation du mercure et fusion		7,335
5° Frais généraux		65,614
Total des frais en grammes d'argent et par tonne		487,532

Je crois inutile d'insister davantage sur le traitement que je viens d'indiquer, sur ses pertes (*) et ses dépenses.

J'ai voulu seulement montrer les résultats obtenus sur

(*) Un fait qu'on peut cependant noter, c'est la consommation du mercure dans les tonnes d'amalgamation. Cette consommation est très-variable et toujours fort élevée, rarement inférieure à 40 p. 100; elle s'élève souvent à 115 p. 100 de l'argent produit. Les causes de ces pertes et de leurs variations ne sont pas connues dans les usines. Elles sont très-probablement dues à l'insuffisance du grillage qui laisse subsister dans les minerais amalgamés une proportion considérable de blende crue. En effet, si on agite longtemps du minerai blendeux incomplétement grillé, avec de l'eau, du sel marin et du mercure, le mercure est attaqué et passe à l'état de sulfure.

une grande exploitation du Mexique, par l'application de l'amalgamation européenne. Ces résultats peuvent se résumer en peu de mots.

L'amalgamation par le procédé saxon, appliquée, dans les usines de Real del monte, à des minerais qui se refusaient de façon presque absolue à la méthode du *patio*, y produit actuellement près de 13 millions de francs d'argent par année. Le rendement moyen des minerais est de 207 grammes d'argent pour 100 kilogrammes de minerai. Les pertes s'élèvent probablement à 30 p. 100 de l'argent contenu, et les frais de traitement sont d'à peu près 135 francs par tonne.

§ 8. *Traitement des minerais par la fonte.*

On traite par la fonte tout minerai réfractaire à l'amalgamation, soit par le patio, le cazo, ou les tonnes, c'est-à-dire, les arseniosulfures, les antimoniosulfures rouges d'argent, les cuivres gris, et les cuivres pyriteux, les blendes et les galènes argentifères, dès que leur teneur en argent peut laisser quelque bénéfice à l'exploitation.

On considère comme sans valeur le cuivre contenu dans les minerais. Le seul métal que l'on se propose d'extraire est l'argent.

La méthode suivie consiste à mélanger le minerai cru à la proportion de litharge qu'on juge nécessaire, à des mattes, à des scories de l'opération même, et à fondre le tout dans un four à vent très-peu élevé. Les minerais sont concassés à 2 ou 3 centimètres de côté, les litharges sont maintenues en aussi gros fragments que possible, les scories et les mattes sont en sable grossier. Les fours n'ont qu'une tuyère recevant le vent, sous une pression très-faible, de deux soufflets de forge manœuvrés par deux hommes ou par un manége à mules. Le combustible qui est toujours le charbon de bois se charge à la poitrine, et le lit

de fusion contre la paroi du fond. On travaille à gueulard ouvert et enflammé, il n'y a jamais de chambres ou de canaux de condensation, mais le four est en entier placé sous une vaste hotte en maçonnerie, qui appelle au dehors les vapeurs plombeuses que la fusion dégage en très-grande abondance.

Une seule usine parmi celles que j'ai pu visiter, celle de los Arcos près de Sultepec, fait précéder la fonte d'un grillage en grands tas, à l'air libre, deux ou trois fois répété, et réduit les minerais grillés dans un demi haut fourneau, en les fondant avec des pyrites de fer grillées avec le plus grand soin. Quelques autres ateliers vers le nord de Zacatecas savent aussi mêler aux lits de fusion des marnes alcalines ou nitreuses qu'on trouve dans les plaines voisines, mais nulle part je n'ai vu employer le grillage au réverbère des minerais pulvérisés et mêlés aux matières plombeuses nécessaires, et la fonte du produit grillé, avec des fondants calcaires et des réductifs ferreux; sauf les exceptions que je viens d'indiquer, le traitement que j'ai vu pratiquer partout se réduit à une *fonte crue à la litharge.*

Dans ces conditions, la litharge mêlée aux lits de fusion doit fournir l'oxygène nécessaire à la combustion du soufre des minerais, et à l'oxydation complète des métaux qui doivent passer dans les scories; elle doit de plus, si les oxydes de ces métaux sont insuffisants, fournir le complément basique nécessaire à la liquéfaction convenable des matières.

La proportion de litharge à employer pour obtenir ces résultats devrait être le plus souvent très-considérable, car d'ordinaire les minerais ont le quartz pour gangue terreuse dominante, et ceux qui sont assez riches pour être fondus, sont généralement très-chargés de sulfures métalliques. Une partie de la litharge exigée par ce traitement provient, dans l'usine même, de la coupellation du plomb d'œuvre. Mais le plus souvent cette production est loin de

suffire, la teneur en galène des minerais ne compensant pas les pertes de plomb causées par le traitement. Il faut alors tirer du dehors des matières plombeuses. Or les gisements assez riches pour pouvoir exporter soit des galènes, soit des litharges ou du plomb métallique, sont extrêmement rares au Mexique. On n'en connaît même que *trois* ayant quelque importance, tous situés à de très-grandes distances, Mazapil et Mapimi, dans les provinces du nord, et Zimapam à l'est de Queretaro. Le prix de la litharge est donc partout très-élevé, et par suite la proportion qui en est employée dans les usines à argent pour la fusion des minerais est généralement insuffisante. De là l'oxydation incomplète du lit de fusion, la production de mattes à refondre, la présence du soufre dans les scories, le manque de fusibilité des charges, et par suite des pertes en argent très-élevées et une très-grande consommation de combustible.

Les mattes produites sont fort riches en argent, à cause de la teneur élevée qu'ont nécessairement (*) les minerais réservés pour la fonte. Cette richesse des mattes est bien connue dans les usines; aussi on les sépare avec soin, on les concasse au marteau, et on les repasse telles quelles à la fonte des minerais.

Les scories sont rarement homogènes, et retiennent très-souvent des grenailles de mattes ; toutes celles que j'ai eu l'occasion d'examiner, essayées par l'acide chlorhydrique, dégageaient en abondance de l'hydrogène sulfuré. Dans un très-grand nombre d'usines, ces scories sont jetées, sauf la petite proportion qu'on en mêle aux lits de fusion, pour faciliter la scorification des matières pierreuses, quelquefois cependant on les trie toutes au marteau, pour séparer et fondre à nouveau celles qui renferment des nodules de minerai mal fondus, ou celles encore qui ont à la cassure

(*) Voir ci-dessous les frais du traitement.

un reflet bronzé, signe d'une teneur élevée en argent.

Le plomb d'œuvre est donc, en général, le seul produit utile de la fonte des minerais, il passe à la coupellation; les produits oxydés de la coupelle, et ses débris de toute nature reviennent aux lits de fusion des minerais.

Ces indications générales suffisent pour faire apprécier la méthode en usage ; la description détaillée du travail de ces ateliers serait, je crois, sans intérêt. Pour montrer où en est, au Mexique, cette partie de la métallurgie de l'argent, je me bornerai donc à indiquer les appareils employés, les consommations et les frais du traitement dans les principaux districts, et enfin la teneur en argent que m'ont donnée à l'essai par voie sèche les scories rejetées de quelques usines.

Matériel des usines. — Les fours à vent, de plus petite dimension, employés au Mexique, ont $0^m,20$ de section carrée au creuset, $0^m,25$ de hauteur de tuyère au-dessus du niveau supérieur de l'avant-creuset, $0^m,30$ de côté au gueulard, et enfin $1^m,25$ d'élévation totale à la cuve. Ces dimensions sont celles de Sombrerete, Nieves, Fresnillo, etc., où l'on fond des minerais d'argent rouge fort riches, en très-petite quantité, et très-rapidement avec un grand excès de litharge; de là des campagnes qui ont peine à durer quatre à cinq jours.

A Catorce, San Luis, les minerais sont moins riches, plus abondants, les fours sont un peu plus grands, leur hauteur est de $1^m,60$, leur section de $0^m,28$ aux tuyères s'évase à $0^m,42$ au gueulard.

Ces proportions comprennent celles employées dans la généralité des usines (*).

Tous ces fours sont bâtis avec des briques séchées au

(*) L'usine de Los Arcos dont j'ai parlé ci-dessus fait exception : Le four de réduction des minerais grillés est un demi-haut fourneau de $5^m,90$ de hauteur de cuve, à section trapézoïdale, ayant $0^m,72$ à la poitrine, $1^m,42$ sur la paroi de fond, $0^m,90$ de profondeur,

soleil, et faites avec une argile très-siliceuse du côté de la poitrine, et avec des blocs de porphyre quartzeux sur les trois autres côtés. Après chaque campagne les réparations

---

à deux tuyères et de forme légèrement tournée vers le gueulard. Le four reçoit 350 pieds cubes d'air par minute.

Les minerais traités dans cette usine sont :

1° Des cuivres gris avec argent rouge arsenical et blende, de *Tepatitlan*, à gangue quartzeuse rendant en moyenne générale 4 ½ marcs d'argent par charge, soit 750 grammes pour 100 kilog. de minerais.

2° Des minerais pyriteux et blendeux de Zacualpam avec argent sulfuré et argent rouge, à gangue quartzeuse et calcaire rendant en moyenne 3 marcs, soit 498 grammes pour 100 kilog.

3° Des galènes blendeuses de Tasco ou Sultepec rendant de 15 à 20 p. 100 de plomb et 40 à 50 grammes d'argent aux 100 kilog.

4° Enfin des pyrites de fer qu'on associe aux minerais précédents, après grillage complet, pour produire, à la fonte, le fer nécessaire au lit de fusion.

Ce lit de fusion se compose de :

10 charges......	1.380	kilog. de minerai plombeux grillé en grand tas.
3 charges......	414	kilog. de minerai riche de Tepatitlan grillé.
3 charges......	414	kilog. de minerai de Zacualpam grillé.
7 charges......	966	kilog. de pyrites de fer grillées avec soin.
5 charges......	690	kilog. de litharges.
10 charges......	1.380	kilog. scories de l'opération même.
38 charges.... =	5.244	kilog. formant le lit de fusion passé en vingt-quatre heures avec une dépense de 215 arrobes de charbon de bois, ce qui donne une consommation de combustible de :

47 pour 100 du lit de fusion;
et 78 pour 100 du minerai fondu.

Le grillage des minerais en grand tas est insuffisant, aussi la fonte produit-elle beaucoup de mattes : 200 kilog. environ par vingt-quatre heures, à une teneur ordinaire de ½ p. 100 d'argent. On concasse ces mattes, on en grille en tas à l'air libre pour les passer à une fonte spéciale où l'on charge beaucoup de scories ferreuses de la fonte des minerais et beaucoup de litharge : environ 100 de scories, 40 de litharge pour 100 de matte grillée.

Le plomb et le cuivre des minerais sont perdus. Les pertes en argent sont évaluées dans l'usine à 10 p. 100 de la teneur d'essai. Les frais de toute nature, pour le traitement métallurgique, s'élèvent à 90 grammes d'argent environ pour 100 kilog. de minerai traité.

Ce traitement de minerais complexes, à l'usine de Los Arcos, est à peu près ce qu'on peut trouver de mieux au Mexique.

consistent à refaire la poitrine, et à revêtir les parois intérieures d'un enduit épais, fait avec de la terre argileuse, pétrie avec du sable quartzeux. Le coût d'un de ces fours est d'environ huit piastres.

Les fours pour la coupellation du plomb d'œuvre varient dans leurs dimensions suivant les usines.

Pour celles où le travail par la fonte est une exception, on ne produit dans chaque campagne qu'une très-petite quantité de plomb d'œuvre, qu'on a intérêt à coupeller immédiatement, à cause de sa teneur en argent généralement fort élevée; on se sert donc de fours de coupelle très-petits, pouvant se charger avec 4 ou 500 kilogrammes de plomb, ils sont à voûte fixe, à sole très-profonde faite de cendres d'os battues avec le plus grand soin, et peuvent, avec quelques réparations courantes, servir à plusieurs opérations.

Dans les usines, au contraire, où le travail par la fonte est un travail normal, on a adopté de plus grands fours à sole circulaire, à voûte mobile, pouvant recevoir plusieurs tonnes de plomb d'œuvre en tout semblables, du reste, aux fours à coupelles des usines allemandes.

Frais du traitement par la fonte. — Les frais du traitement par la fonte, nécessairement très-élevés au Mexique, à cause de la rareté du combustible, y sont de plus extrêmement variables suivant la situation des usines et la nature des minerais à traiter, par suite de cet emploi exclusif de la litharge pour oxyder et pour fondre les minerais.

Si les minerais sont assez riches en galène pour pouvoir fournir au traitement les matières plombeuses qui lui sont nécessaires, les frais seront relativement peu élevés, et une teneur de 100 grammes d'argent pour 100 kilogrammes de minerai sera généralement suffisante pour laisser quelques bénéfices à l'exploitation.

Mais si les minerais ne contiennent pas de plomb, si de plus ils deviennent réfractaires, par suite d'une grande

abondance de blende, les frais s'élèveront très-rapidement et dans certaines situations, éloignées des centres producteurs du plomb, une teneur de ½ pour 100 d'argent devient insuffisante pour couvrir les frais.

Les détails qui suivent, tirés des principaux districts, vont mettre ces faits en évidence.

San-Luis-Potosi. — Il n'existe probablement pas au Mexique d'usine travaillant avec des frais moindres que celles que l'on trouve au *Cerro de San Pedro Potosi.*

Ces petits ateliers, qu'un capital de moins de 500 piastres suffit à établir, sont entre les mains d'associations de mineurs travaillant, pour leur propre compte, les ruines de ces mines du Potosi de San Luis, autrefois si fameuses au Mexique.

Les minerais exploités y sont des plus faciles à traiter par la fonte. Ils contiennent l'argent principalement à l'état de bromure et en petite quantité à l'état natif et de sulfure. Les gangues métalliques qui accompagnent le métal sont : le carbonate de plomb, l'hématite rouge, le carbonate de fer en proportion de beaucoup prépondérante, mêlés de peu de sulfate, de sulfure de plomb et de pyrite de fer. Les gangues terreuses sont : de la chaux carbonatée, de la dolomie et des argiles feldspathiques chargées d'oxyde de fer hydraté.

Les minerais produits par les exploitations sont triés en deux classes : les minerais en roche rendant 250 à 300 grammes d'argent aux 100 kilogrammes ; et les terres du tout-venant des mines, qui, prises en masse, rendraient environ 80 à 85 gr. Les premiers sont simplement concassés et portés aux usines ; les seconds sont débourbés, lavés à la planilla, réduits ainsi à 62 pour 100 environ de leur poids primitif, et alors réunis aux minerais de première classe.

Un échantillon moyen prélevé sur un lit de fusion ainsi préparé m'a donné, à l'essai par voie sèche :

Plomb 35 p. 100 du minerai.
Argent 127 grammes pour les 100 kilog.

Le lit de fusion d'une fonte se nomme *revoltura* et se compose de :

	arrobes.	kilogrammes.	parties.
Mineral cru.	8	92,0	296,3
Scories de l'opération. . .	16	184,0	592,6
Litharges.	3	34,5	111,1
Ensemble.	27	210,5	1.000,0

Ce lit de fusion produit 5 arrobes en moyenne de plomb d'œuvre. On passe 2 revolturas par poste de 12 heures; pendant ce temps le four brûle 10 arrobes de charbon de bois et occupe trois hommes, savoir : un fondeur et deux souffleurs. On a donc les consommations de :

62 $\frac{1}{2}$ de charbon pour 100,
et 16 $\frac{1}{2}$ journées d'hommes par tonne de mineral fondu.

La coupellation du plomb d'œuvre se fait dans les fours que j'ai indiqués ci-dessus. On charge 12 quintaux de plomb que l'on passe en 16 heures de feu. On brûle par heure 3 arrobes de troncs de palmier, qui coûtent 1 réal; le service exige un maître affineur, deux souffleurs et un manœuvre au foyer.

Ces données établissent le tableau de frais suivant :

Frais de la fonte au Cerro San Pedro Potosi.

NATURE DES DÉPENSES.	EN PIASTRES et pour 16 arrobes.		EN GRAMMES d'argent et par tonne.	
1° *Fusion.*	piastres.		grammes.	
Main-d'œuvre. Fondeurs.	0,50	2,830	69,44	393,05
Main-d'œuvre. Souffleurs.	0,50		69,44	
Charbon de bois.	1,25		173,61	
Matériel	0,58		80,56	
2° *Coupellation.*				
Bois de palme.	0,416	1,196	57,78	166,11
Maître affineur.	0,208		28,89	
Souffleurs.	0,208		28,89	
Chauffeur.	0,052		7,22	
Matériel.	0,312		43,33	
Ensemble : frais du traitement.	. . . . .	4,026	. . . . .	559,16

Cette dépense totale de 3 piastres environ par charge ou de 117 francs à peu près par tonne peut être considérée comme le minimum des frais qu'entraîne au Mexique le traitement par la fonte.

Sombrerete. — On trouve à Sombrerete l'exemple de fonderies traitant des minerais un peu plus complexes qu'au Potosi, mais contenant encore le plomb nécessaire à leur traitement ; ces minerais proviennent de l'exploitation des haldes anciennes 1° des mines, 2° des usines.

On exploite les haldes des mines en reprenant au marteau les débris les plus gros des anciens déblais. On trie dans le schiste toutes les veinules de quartz qui le pénètrent par places. En poussant ce triage jusqu'à la grosseur de 1 à 2 centimètres de côté, l'ouvrier arrive à donner au minerai rié une teneur de 4 onces d'argent par 1 arrobe $\frac{3}{4}$, soit à peu près une richesse de 1 $\frac{3}{4}$ pour 100. Ces anciens déblais sont tels, qu'un ouvrier peut, dans sa journée, produire $\frac{1}{2}$ arrobe de ce minerai, soit 5 kilogrammes $\frac{3}{4}$, tenant, par conséquent, 100 grammes d'argent. Ce minerai contient l'argent à l'état d'arseniosulfure rouge. Les composés métalliques qui l'accompagnent sont : la pyrite cuivreuse en proportion dominante, la pyrite de fer arsenicale, la galène et quelque peu de blende ; le quartz est la seule gangue terreuse.

L'exploitation des haldes des anciennes usines est le patrimoine réservé par les coutumes locales aux vieux mineurs ; aidés de quelques jeunes enfants, ils remuent le tas de scories et en séparent, par un grossier criblage à sec, un menu formé de grains de minerai qui ont échappé à la fusion, des morceaux de mattes, des fragments de litharge incomplétement détruits, et du poussier de charbon. Ce sable grossier, passé à un tamisage plus fin et sous l'eau, rend 3 onces d'argent aux 4 arrobes ; soit 180 grammes pour 100 kilogrammes.

Ces résultats peuvent donner une idée de l'argent qui a

dû se perdre lors de la première exploitation de ce district, tant aux mines qu'aux usines.

On associe, pour la fonte, les minerais crus des haldes des mines, à ceux des haldes des usines, de façon à obtenir au moyen de ces derniers qui sont riches en plomb, une teneur au mélange de 10 à 12 p. 100 de métal.

Le lit de fusion (*plancha*) se compose de :

	arrobes.	kilogrammes.	parties.
Minerais et débris.	1 ½	17,25	300
Litharge, fonds de coupelle.	2 ½	28,75	500
Scories de l'opération. . . .	½	5,75	100
Matte de l'opération.	½	5,75	100
Ensemble.	5	57,50	1.000

Le lit de fusion produit d'ordinaire deux arrobes de plomb d'œuvre, qui reconstituent à peu près à la coupellation, les deux et demie arrobes de litharge et fonds de coupelle chargés ; les minerais se suffisent donc à eux-mêmes pour scorifier leurs gangues, au moyen des métaux contenus.

Les campagnes des fours ne durent guère qu'une semaine ; on passe par jour 7 *planchas* ou lits de fusion, pour lesquelles on brûle 10 arrobes ½ de charbon de bois ; le four occupe pendant ce temps quatre hommes : un maître fondeur, deux souffleurs et un manœuvre ; les consommations ressortent ainsi à :

100 de charbon pour 100 de minerai fondu,
et 33 journées d'hommes environ par tonne.

La coupellation se fait sur une charge de 36 arrobes de plomb d'œuvre (414 kilogrammes, pour lesquels on brûle 16 arrobes de bois résineux, 44 pour 100 environ du poids du plomb à oxyder). Le service du jour exige trois hommes : un maître affineur et deux manœuvres aux soufflets.

Ces indications, complétées par les dépenses du matériel, conduisent à l'état de frais suivant :

Fonte des minerais à Sombrerete.

NATURE DES FRAIS.	DÉPENSES en piastres et pour 10 arrobes 1/2.		DÉPENSES en grammes d'argent et par tonne.	
1° *Fusion.*	piastres.		grammes.	
Main-d'œuvre. Fondeur	1,00		211,64	
Main-d'œuvre. Deux souffleurs	1,00		211,64	
Main-d'œuvre. Un aide-manœuvre	0,75	4,590	158,73	971,43
Charbon de bois	1,09		230,69	
Matériel	0,75		158,73	
2° *Coupellation.*				
Maître affineur	0,389		82,32	
Deux souffleurs	0,389	1,781	82,32	376,93
Bois résineux	0,517		109,41	
Matériel	0,486		102,88	
Ensemble	piastres. . 6,371		gr. de fin 1.348,36	

Ces frais de la fonte à Sombrerete sont, comme on le voit, plus du double de ceux de San Luis; cette grande augmentation, pour un même travail, tient en partie au prix de la main-d'œuvre, qui est plus élevé à *Sombrerete* qu'au *Cerro du Potosi*; mais elle est due principalement aux difficultés différentes que présentent les minerais à traiter.

A San Luis, les minerais riches en plomb déjà oxydé, en oxydes de fer et à gangue feldspathique sont très-facilement fusibles. Avec les petits fours employés, on passe, en douze heures, 184 kilogrammes de minerai en brûlant 62 pour 100 de charbon.

A Sombrerete, au contraire, les minerais chargés de quartz, pauvres en plomb et contenant de la blende, deviennent plus difficiles à fondre. Avec des fours presque identiques à ceux de San Luis, on ne passe que 120 kilogrammes, un tiers de minerai en moins, avec une consommation de combustible de 60 pour 100 plus considérable.

Cette augmentation des dépenses devient bien plus rapide encore s'il s'agit de traiter des minerais sulfurés ne contenant pas de galène, comme ceux des exploitations de Catorce.

Catorce.— On trouve, à Catorce, des filons nombreux et

très-puissants, qui pourraient produire beaucoup d'argent, si la nature très-complexe des minerais ne rendait pas leur traitement très-onéreux; limitant ainsi l'exploitation aux seuls gisements à teneur en argent très-élevée.

Ces minerais, connus à Catorce sous le nom de *bronzudos* (cuivreux-pyriteux), contiennent, suivant les filons, de 150 à 8 et 900 grammes d'argent pour 100 kilogrammes de minerai trié au marteau à la dimension de 3 ou 4 centimètres de côté; ils tiennent, en outre, de 8 à 10 pour 100 au plus de galène, de 15 à 60 pour 100 de blende, le complément étant formé de cuivre pyriteux, de pyrite de fer arsenicale et de gangue quartzeuse.

De pareils minerais résistent à toute espèce d'amalgamation; on les exploite à Catorce par le traitement indiqué : fonte au four à vent, en mélange avec de la litharge en excès et en gros fragments. Mais ici les minerais ne contiennent pas assez de galène pour que les litharges produites à la coupellation puissent suffire au traitement. On doit donc les acheter au dehors; à Catorce, elles arrivent de Mapimi au prix de 12 piastres la charge; dans ces conditions, et avec le charbon de bois à 1 réal l'arrobe et le bois à 1 piastre la charge (138 kilog.). Les frais de traitement sont comme suit :

Frais de traitement par la fonte à Catorce.

NATURE DES DÉPENSES.	EN PIASTRES et par charge.		EN GRAMMES d'argent et par tonne.	
1° *Fusion.*	piastres.		grammes.	
Broyage des minerais	0,37	16,17	68,51	2.994,42
Main-d'œuvre	4,68		866,66	
Soufflerie	1,12		207,40	
Charbon de bois	4,00		740,74	
Litharge consommée	6,00		1.111,11	
2° *Coupellation.*				
Main-d'œuvre	1,00	4,75	188,18	882,62
Combustible	3,00		555,55	
Matériel	0,75		138,89	
Frais totaux du traitement		20,92		3.877,04

Les consommations de ce traitement sont :

300 de charbon de bois pour 100 de mineral fondu.
50 de litharge consommée pour 100 de mineral fondu.

En joignant à ces frais métallurgiques les dépenses de l'exploitation aux mines, celles du transport aux usines, on arrive pour les minerais qui nous occupent, à une teneur minima nécessaire d'environ 500 grammes d'argent pour 100 kilogrammes de minerai à fondre, en dessous de laquelle l'exploitation cesse d'être profitable.

On a vu dans ce qui a été dit à propos de l'amalgamation par le cazo, qu'il existait dans ce même district de Catorce des minerais oxydés (colorados) qu'on exploitait à une teneur d'environ 40 grammes. On voit ici, qu'une richesse dix fois plus grande est encore insuffisante aux usines actuelles pour surmonter les difficultés qu'entraîne après elle une très-grande abondance de blende et de cuivre pyriteux.

Real del Monte. — L'usine la plus importante du Mexique, pour le traitement des minerais par la fonte, est celle de Regla, district de Pachuca; elle produit 350.000 piastres environ par année.

Les minerais proviennent d'une trentaine d'exploitations ouvertes par la compagnie de Real del Monte sur les filons de Pachuca, de Real et d'Omitlan.

La composition des lits de fusion est très-variable, suivant la prédominance des produits de telle ou telle mine; en moyenne générale, les minerais sont très-pauvres en plomb, et certains en sont entièrement dépourvus; ils sont chargés de blende, de cuivres pyriteux et de pyrite de fer arsenicale; ils sont tous à gangue quartzeuse, mais ils sont aussi fort riches en argent. 4.162 $\frac{1}{2}$ charges de minerais fondus en une année à Regla, ont produit 42.397 marcs d'argent. Ce qui assigne à ces minerais une teneur de rendement générale moyenne de 1.697 grammes aux 100 kilogrammes; la teneur réelle est inconnue.

L'argent se trouve à l'état natif, de sulfure simple et de sulfure antimonié noir. On n'y trouve ni chlorure, ni bromure, ni argent rouge arsenical ou antimonial.

Le traitement suivi à Regla est celui des autres usines du pays : fonte à la litharge des minerais crus.

La litharge vient de Zimapam, à 25 lieues de l'usine; rendue à pied d'œuvre, elle coûte 13 à 16 piastres la charge, 50 à 62 francs le quintal ; le combustible, bois et charbon, est produit en abondance par un massif montagneux voisin, celui d'Atotonilco ; enfin une chute d'eau puissante fournit à la fonderie la force motrice nécessaire. Bien peu d'usines au Mexique peuvent disposer de pareilles ressources; voici maintenant les conditions du travail actuel.

Frais de traitement par la fonte à l'usine de Regla Real del monte.

NATURE DES DÉPENSES.	EN PIASTRES et par charge.		EN GRAMMES d'argent et par tonne.	
1° *Fusion.*	piastres.		grammes.	
Broyage	0,36	15,16	66,66	2.807,39
Main-d'œuvre	2,51		464,81	
Charbon à 9 réales la charge	5,61		1.038,89	
Litharge à 13 piastres la charge	6,01		1.112,96	
Matériel	0,67		124,07	
2° *Coupellation.*				
Main-d'œuvre	1,04	1,87	192,59	346,29
Bois à 1 piastre 1/2 la charge	0,77		142,59	
Divers	0,06		11,11	
3° *Frais généraux*		1,24		229,62
Ensemble : frais de traitement		18,27		3.383,30

Les consommations correspondantes sont :

470 de charbon de bois pour 100 de minerai fondu,

45 $\frac{1}{4}$ de litharge consommée pour 100 de minerai fondu.

Les exemples que je viens de citer comprennent, je crois, toutes les différences que peuvent présenter au Mexique les usines traitant les minerais par la fonte.

On voit en résumé que, pour les minerais tenant assez de plomb pour suffire à leur traitement, soit 20 à 25 p. 100, les frais de traitement s'élèvent de 55 à 135 grammes d'argent aux 100 kilogrammes ; tandis que pour les minerais ne contenant pas de galène, ou n'en tenant que très-peu, et composés surtout de blende et d'espèces cuivreuses, la teneur nécessaire pour couvrir les frais métallurgiques s'élève à 340 et 380 grammes, ce qui porte à 4 ou 500 grammes la richesse totale nécessaire pour l'exploitation. Or il existe au Mexique des gisements très-nombreux de même nature que ceux traités par la fonte et qui restent en dessous de cette teneur nécessaire. On est donc forcé de laisser ces mines dans l'abandon.

Il est bien certain que, par l'emploi d'un traitement plus rationnel, on pourrait abaisser les frais actuels de la fonte. Mais ces frais resteront toujours très-élevés tant que le traitement aura pour base l'emploi du charbon de bois et du plomb. La formule de traitement véritablement capable de tirer parti de ces gisements, devrait supprimer l'emploi de ces deux réactifs.

Pertes d'argent par le traitement par la fonte. — J'ai dit dans ce qui précède que les minerais arrivaient aux lits de fusion réduits à la dimension de 2 ou 3 centimètres de côté par le triage à la main. Dans ce cas et surtout s'il s'agit de minerais à teneur très-élevée et contenant l'argent à l'état natif ou en veinules d'espèces argentifères pures, et par conséquent très-riches, il n'est pas possible de déterminer la teneur totale d'un lot de minerais. Les essais faits dans ce sens et sur des prises d'échantillons différentes ne conduisent pas à des résultats concordants. Les pertes totales ne peuvent donc pas être déterminées par la comparaison de l'argent extrait à l'argent contenu. Je me bornerai ainsi, à indiquer les teneurs que m'ont donné à l'essai par voie sèche les scories et mattes rejetées de quelques usines.

Provenance des scories et mattes essayées. — Nature des minerais traités.

		Teneur en grammes pour 100 kil.
I.	*Usines anciennes du* Potosi, *à las Pilas, près de San-Luis.* — Or et argent natif, argent bromuré dans des hématites avec plomb carbonaté et sulfaté; gangue de fer et de chaux carbonatée; pas ou peu de sulfures.	10
II.	*Usines actuelles du Potosi, au Cerro de San Pedro.* — Argent natif et bromuré, dans des hématites avec fer carbonaté; plomb carbonaté mêlé de sulfate; galène et pyrites de fer; gangues calcaires.	13
III.	*Usines actuelles de Catorce, mine de San Agustin.* — Argent sulfuré simple, sulfuré antimonié, rouge et noir; galène et peu de blende; pyrites de fer; peu de cuivre; gangue siliceuse.	13
IV.	*Usines anciennes de Sombrerete, mine de Veta Negra.* — Minerais très-riches d'argent antimonié sulfuré rouge; pyrites cuivreuses abondantes; galène et blende; gangue de quartz.	32
V.	*Usines actuelles de Sombrerete.* — Minerais précédents, mais plus pauvres, associés à des débris plombeux de scories d'usines anciennes.	20
VI.	*Usines actuelles de los Arcos.* — Argent rouge arsenical; argent sulfuré; cuivre gris et pyriteux; galènes blendeuses; grillage et fonte plombeuse.	11
VII.	*Usines anciennes de Temascaltepec, mine de la Magdalena.* — Minerais très-riches d'argent rouge avec cuivres pyriteux et blende; fonte crue à la litharge. .	22
VIII.	*Usines anciennes de Tescatitlan.* — Mêmes minerais et même traitement qu'à Temascaltepec.	25
IX.	*Usines anciennes à Temascaltepec.* — Minerais d'argent rouge; matte mince recueillie à l'usine de la Presa. . .	1.563
X.	*Usines anciennes de Tescatitlan.* — Matte ancienne recueillie sur les haldes d'une fonderie ruinée.	79

Ces résultats si peu satisfaisants n'ont cependant rien qui puisse surprendre si on se rapporté à ce qui a été dit ci-dessus sur la nature du traitement.

Caractères généraux des méthodes métallurgiques employées au Mexique. Résumé.—Les détails qui précèdent sur

la métallurgie de l'argent au Mexique, conduisent à quelques conclusions générales qu'il peut être utile de résumer.

Dans l'état actuel de la métallurgie de l'argent, il n'existe pas de formule de traitement unique, qui tenant compte des seules ressources disponibles près des usines du Mexique, puisse s'appliquer à toutes les variétés de minerais produits par les filons de ce pays. Chacune des méthodes pratiquées peut exactement convenir à un minerai déterminé, mais aucune ne peut être généralisée; en dehors des conditions normales de leur emploi, elles ne produisent toutes que de mauvais résultats.

L'amalgamation par le *cazo* s'applique aux minerais oxydés qui contiennent l'argent à l'état de métal natif, de bromure ou de chlorure. Elle les réduit avec facilité et en quelques heures seulement; les installations qui lui sont nécessaires sont peu coûteuses, et le combustible herbacé qui peut lui suffire manque rarement. Ses frais s'élèvent seulement à 31 grammes d'argent pour 100 kilogrammes de minerai, mais ce traitement exige que les minerais soient exempts de toute espèce d'élément sulfuré, ce qui est fort rare.

L'amalgamation par le *patio*, est certainement celle qui convient le mieux aux grandes productions de minerais qui caractérisent les exploitations du Nouveau-Monde. Elle est peu rigoureuse au point de vue de l'extraction de l'argent, mais, susceptible d'agir sur les plus grandes masses, elle peut, mieux qu'une autre, conduire à de très-grands produits. Ses avantages proviennent de 'extrême simplicité des constructions qu'elle exige, et de ses consommations très-peu élevées en main-d'œuvre et en combustible. Avec les prix actuels du sel et du mercure, ses frais sont couverts par une teneur de 30 à 40 grammes d'argent pour 100 kilogrammes, et ses pertes peuvent être limitées à 12 pour 100 de l'argent contenu; mais il faut pour cela, que le métal n'existe dans les minerais qu'à l'état natif, de sulfure simple, ou de sulfure antimonié noir; il faut de plus, que

les gangues ne soient pas chargées de sulfures métalliques capables de s'oxyder par une longue exposition à l'air, en présence de l'eau salée et du sulfate de cuivre; enfin la température moyenne du lieu de l'usine ne doit pas être inférieure à 12° centigrades et ne jamais s'abaisser au-dessous de 0, durant plusieurs jours de suite. En dehors de ces conditions, les réactions sur lesquelles la méthode repose, traînent en longueur, et perdent leur netteté; les pertes en argent croissent rapidement, et par suite de la surélévation des dépenses de sel et de mercure, le traitement devient bientôt inapplicable.

L'amalgamation *saxonne* peut être d'un grand secours lorsque par suite des combinaisons complexes de l'argent, ou de la nature des gangues métalliques, les pertes en argent et les frais de traitement deviennent exagérés dans la méthode du patio. Le prix de revient de ce travail est fort élevé au Mexique, par suite des consommations de bois et de sel marin; ce prix varie comme on l'a vu de 49 à 71 gr. d'argent pour 100 kilogrammes, et les pertes en argent ne s'élèvent pas à moins de 30 p. 100, en moyenne, dans les usines de Real del Monte. Ces pertes ne peuvent guère être évitées, car les minerais complexes qui résistent au patio, se prêtent mal à la chloruration saxonne; enfin pour peu que les minerais se chargent de plomb ou de cuivre, ce traitement doit lui-même être abandonné.

Le traitement par la *fonte* a deux grands obstacles, au Mexique: le prix du charbon, et la rareté des mines de plomb. Aussi on a vu que si on peut traiter, avec quelques bénéfices, des minerais riches en plomb, à la teneur de 56 grammes d'argent pour 100 kilogrammes de minerai, les frais s'élevaient à 338 et 387 grammes, s'il s'agit de fondre des minerais d'argent proprement dits dépourvus de galène. Le traitement par la fonte est donc de fait, au Mexique, un traitement possible seulement pour des minerais très-riches.

Ces diverses méthodes ne suffisent pas pour extraire l'argent de toutes les variétés de minerais. On peut voir notamment que les blendes argentifères, les bournonites, les cuivres gris, ne peuvent pas s'y soumettre, si leur teneur n'arrive pas à 250 ou 300 grammes d'argent pour 100 kilogrammes. Ces minerais restent donc inexploités. Or ils abondent dans certaines régions; la production de l'argent au Mexique est donc loin du chiffre qu'elle pourrait atteindre, si par la découverte d'une formule de traitement convenable, ces minerais pouvaient être mis en exploitation.

CHAPITRE III.

Théorie de l'amalgamation américaine.

§ 1. — THÉORIE ACTUELLE. — OBJECTIONS QU'ELLE SOULÈVE.

Les premières explications théoriques données sur l'amalgamation des minerais d'argent sur le *patio*, sont dues à Sonneschmidt. Dans son traité (*Tratado de la Amalgamacion de Mexico*, 1805), l'auteur admet que sous l'influence du magistral le sel marin met en liberté de l'acide muriatique, qui réagit sur l'argent natif et l'argent sulfuré des minerais, et les transforme en chlorure. Ce nouveau composé est ensuite réduit à l'état d'argent métallique par le mercure. Sonneschmidt observe que le mercure, seul et par lui-même, ne peut pas opérer cette réduction, mais il dit que le métal en devient capable par l'altération qu'il éprouve sous l'action de l'acide muriatique mis en liberté

par le magistral (*). L'argent métallique une fois produit s'unit aussitôt au mercure.

M. Boussingault démontra plus tard que, si on traite du sulfure d'argent naturel par une dissolution de bichlorure de cuivre, il se forme du chlorure d'argent, du sulfure et du protochlorure de cuivre; il fut admis que ces réactions, où le mercure n'intervient cependant pas, étaient celles qui se passaient dans les tortas après l'introduction des réactifs, sel, magistral, mercure et, qu'une fois formé, le chlorure d'argent était directement réduit par le mercure.

Les recherches postérieures ont laissé subsister les explications précédentes dans ce qu'elles ont d'essentiel; elles ont conduit à une théorie jusqu'ici admise, et qu'on peut résumer comme suit :

Au contact du sel marin, le magistral des tortas donne du bichlorure de cuivre; ce bichlorure réagit sur l'argent des minerais et le change en chlorure; le chlorure d'argent se dissout dans l'eau salée de la torta, et y forme un sel double alcalin, qui est ensuite réduit par le mercure; l'argent ainsi produit s'amalgame, tandis que le mercure se détruit en partie et passe à l'état de protochlorure.

Cette théorie a servi de guide à tous ceux qui, dans le Nouveau-Monde, ont voulu porter quelque amélioration à l'admirable découverte de Medina, amoindrir les pertes d'argent qu'elle cause, ou atténuer les énormes sacrifices de mercure qu'elle impose. Je n'entrerai pas dans le détail de toutes les tentatives qui ont été faites, mais je puis affirmer qu'elles sont toutes restées stériles; après plus de trois siècles d'une application immense, la méthode du patio est

(*) L'auteur ne donne aucun détail sur la manière dont il conçoit cette dernière réaction; son explication théorique peut ne pas être exacte, mais elle a été probablement inspirée par un fait d'observation bien certain, savoir : que sur le patio l'argent ne s'unit au mercure qu'autant que le mercure s'altère lui-même.

encore au Mexique telle qu'elle sortit des mains de son inventeur.

Cette sorte d'impuissance de la théorie actuelle, que le passé indique, se révèle tous les jours à quiconque a eu à conduire le travail d'une usine à argent en Amérique; si l'on veut en effet s'en tenir aux simples pratiques enseignées par la tradition des azogueros, on est en quelque sorte émerveillé de la facilité avec laquelle on retire l'argent de ces masses énormes de minerais sur lesquelles on agit dans les tortas; si l'on s'avise, au contraire, de vouloir soumettre ces tortas aux réactions qu'inspireraient les principes théoriques qui précèdent, on est à peu près certain de s'engager dans des difficultés inextricables, de se heurter à chaque pas à des faits en apparence contradictoires, pour n'aboutir en fin de compte qu'à des résultats déplorables pour le rendement en argent et la conservation du mercure.

C'est ainsi qu'ayant pu moi-même acquérir cette pratique des azogueros, j'ai été conduit à révoquer en doute la théorie actuelle, et que j'entreprends de la discuter ici.

Réduite, comme je l'ai indiqué ci-dessus, à ses points essentiels, cette théorie fait dépendre l'extraction de l'argent de quatre réactions principales, que j'examinerai successivement, savoir :

1° Une action chlorurante attribuée au magistral en présence du sel marin;

2° La transformation des espèces de l'argent des minerais en chlorure;

3° La dissolution de ce chlorure dans l'eau salée de la torta;

4° Enfin la réduction du chlorure dissous par le mercure.

L'hypothèse fondamentale est le rôle chlorurant attribué au mélange de sel marin et de magistral.

S'il en était ainsi, le magistral serait d'autant plus actif qu'il serait plus acide, et c'est même à cette acidité plus

grande qu'a été attribuée par divers auteurs la cause de la préférence donnée par les usines au sulfate de cuivre des ateliers de départ, sur le magistral ordinaire fabriqué par le grillage de pyrites de cuivre. Il suit de là que, lorsqu'il se présente des minerais oxydés, imprégnés de sulfates métalliques, tels qu'on en retire souvent d'anciens remblais ou de vieux quartiers de mines, il suffirait d'ajouter du sel marin pour obtenir une action chlorurante énergique, et assurer par suite un traitement facile. Cette conclusion nécessaire est contredite par les faits. Lorsque ces minerais acides (*Terras agrias*) se présentent, on ne peut pas les amalgamer immédiatement : le mercure se mettrait, en général, dans un tel état d'altération que l'opération serait impossible. Il faut d'abord saupoudrer les minerais de pierre calcaire très-finement porphyrisée, et les laisser en repos pendant quinze à vingt jours, jusqu'à disparition de l'acidité primitive; on travaille ensuite ces minerais comme à l'ordinaire.

Si le magistral agissait sur le sel marin comme sel métallique acide, éliminant le chlore, les eaux qui baignent les tortas devraient être acides, et on détruirait certainement cette action du magistral en introduisant dans les tortas une proportion prédominante de sels alcalins; or, l'expérience prouve que les eaux des tortas ont en général une réaction alcaline ; elle montre encore que l'emploi des saltierras retirées des lagunes intérieures, et qui tiennent souvent de 12 à 15 p. 100 de *tétexquite* (sesquicarbonate de soude) n'a jamais apporté aucune entrave à l'amalgamation de l'argent.

Si cette assimilation du magistral à un sel métallique acide était exacte, on ne saurait expliquer l'emploi d'un magistral fait avec des minerais de cuivre non pyriteux; or, l'usine du Fresnillo a, pendant longtemps amalgamé ses minerais avec des oxydules et des carbonates de cuivre venant de Mazapil et ne contenant pas traces de soufre. On

employait ces minerais comme du magistral ordinaire, crus et finement porphyrisés. L'efficacité bien connue d'un pareil magistral ne peut se concilier avec l'hypothèse d'une action chlorurante nécessaire.

Dans la théorie actuelle, le magistral n'agit que par son acide sulfurique, et, comme les sulfates acides du fer mis en présence du sel marin peuvent produire une action chlorurante pour le moins aussi énergique que le sulfate de deutoxyde de cuivre, on devrait pouvoir amalgamer les tortas, tout aussi bien avec les premiers sels qu'avec les seconds.

Cette équivalence des sels de cuivre et des sels de fer au maximum, pour les réactions du patio, ayant été admise dans des ouvrages importants, j'ai fait l'expérience suivante :

4 kilogrammes de minerais de Guanajuato, nobles, c'est-à-dire facilement réductibles au patio, et contenant à l'état natif, de sulfure simple, ou de sulfure antimonié noir, 112 grammes d'argent aux 100 kilogrammes, ont été divisés en deux petites tortas égales.

L'une d'elles, ainsi formée, contenait :

	kilog.
Minerai sec	2,000
Sel marin	0,105
Sulfate de cuivre	0,006
Mercure	0,012
Eau	0,700

La deuxième torta se composait de :

Minerai	2,000
Sel marin	0,105
Sulfate de peroxyde de fer	0,006
Mercure	0,012
Eau	0,750

Les deux tortas, placées dans des conditions identiques de température et d'action solaire, ont été amalgamées en

prenant pour guide la torta au sulfate de cuivre. Après dix-huit jours, pendant lesquels on a successivement ajouté 16 grammes de mercure reconnus nécessaires, on a lavé le minerai, séparé l'amalgame et distillé le mercure sur une coupelle.

Les résultats ont été :

	grammes.
Argent retiré de la torta au sulfate de cuivre.	1,890
Argent produit par la torta au sulfate de peroxyde de fer..	0,780
L'argent total contenu étant de.	2,240

On a :

Perte par le sulfate de cuivre. 15,6 p. 100 (*)
Perte par le sulfate de fer. . 65,0 p. 100

Quelles que soient les réactions propres aux sels de cuivre et aux sels de fer dans l'intérieur des tortas, et sur lesquelles je reviendrai plus tard, ces résultats font voir que les sels de peroxyde de fer et les sels de deutoxyde de cuivre ne sont pas équivalents pour amalgamer l'argent; ils confirment, ce que savent tous les azogueros sans se l'expliquer d'ailleurs, que le magistral est un composé essentiellement cuivreux, et ils font pressentir que l'action utile du réactif doit provenir du cuivre et non point de l'acide sulfurique contenu dans les pyrites grillées.

Comme dernière remarque sur cette action chlorurante attribuée au sel marin et au magistral, je ferai observer que si cette action peut être admise dès le début de l'opération, pendant le premier jour, alors que le mercure n'a pas encore été introduit dans les minerais, il est bien difficile de

(*) La conduite de l'amalgamation, pour de petites masses de minerais, entraîne des pertes mécaniques et un trouble de réactions par suite des essais quotidiens qu'il est impossible d'éviter; en grand, la perte de 15 p. 100 eût probablement été de 10 à 12 p. 100.

la croire possible vers la fin de l'amalgamation. A ce moment, en effet, les tortas contiennent très-peu de sulfure d'argent et beaucoup de mercure que les repasos successifs ont amené à un très-grand état de division. On n'ajoute alors le magistral, s'il est nécessaire, que par très-petites doses; on ne peut ainsi produire dans les tortas que des quantités minimes de bichlorure de cuivre, lesquelles devraient de préférence porter leur action sur les dernières parcelles d'argent sulfuré restées au milieu des gangues, au lieu d'agir sur le mercure métallique, offrant une masse bien plus grande et, comme on sait, une résistance bien plus faible. Cette action chlorurante devient ainsi bien peu vraisemblable; cependant, tant qu'il reste du sulfure d'argent libre, l'addition d'un peu de magistral fait immédiatement progresser l'amalgamation.

Le second point de la théorie actuelle est la transformation en chlorure de l'argent contenu dans les minerais.

S'il en était ainsi, les minerais de plus facile traitement seraient ceux qui contiennent l'argent exclusivement à l'état de chlorure natif, d'iodure ou de bromure, qui s'équivalent au point de vue de la théorie admise. Il n'en est pas ainsi. L'expérience prouve, en effet, que sur la presque totalité des mines mexicaines, le chlorure d'argent (*plata cornea*) ne donne sur le patio que de très-mauvais résultats, et que le bromure (*plata verde*) y est absolument irréductible; aussi dans toutes les exploitations où ces minerais se trouvent avec quelque abondance (Cerro de Potosi, Matehuala, Catorce), on les sépare de ceux destinés au patio, pour les traiter par la méthode du cazo.

La transformation des sulfures d'argent en chlorures, et la réduction de ce chlorure par le mercure sont deux opérations indépendantes sans connexion nécessaire, et on a peine à comprendre pourquoi on cherche à chlorurer l'argent en présence du mercure, sur lequel la même action doit aussi se porter, causant une perte de métal d'autant

plus forte que l'on veut rendre l'extraction de l'argent plus complète.

On est ainsi conduit à vouloir scinder le traitement en deux périodes; dans la première, on chlorurerait l'argent en l'absence du mercure; on pourrait ainsi accroître sans danger l'énergie des réactifs pour atteindre la totalité de l'argent; ce résultat obtenu, il serait facile de saturer l'excès de magistral resté libre, ou même de le laisser se détruire par un long repos des tortas; on pourrait alors introduire le mercure dans une liqueur neutre, d'où le métal précipiterait le sel d'argent formé. La perte de mercure devrait ainsi pouvoir se réduire à un équivalent de mercure pour un équivalent d'argent obtenu, elle serait ainsi diminuée de la moitié environ de sa valeur actuelle. Ces déductions théoriques paraissent impossibles à réaliser.

Si l'on soumet une torta à l'action seule du sel et du magistral, pour si longtemps que l'on attende, on ne voit aucun changement notable dans les résidus métalliques que mettent en évidence les lavages quotidiens à la sébile. Si après ce temps on met du mercure et le laisse quelques jours en repos, le métal se montrera généralement avec les caractères du *frio*, c'est-à-dire que l'amalgamation ne marchera pas, surtout si les minerais contiennent de la blende ou des pyrites facilement oxydables; elle ne sera déterminée que par l'intervention d'une nouvelle dose de magistral lorsque le mercure aura donné les signes de sa propre altération; on retombe ainsi dans le travail ordinaire.

Cette idée de soustraire le mercure à l'action du magistral est fort ancienne; elle fut formulée par Sarabia bien avant les explications théoriques données par Sonneschmidt.

Les azogueros avaient, dès cette époque, bien constaté l'action destructive que le magistral et le sel marin réunis exercent sur le mercure; sans aucune notion sur la constitution des corps, ils admettaient que la vertu du magistral et du sel consistait à nettoyer, *limpiar*, la parcelle argenti-

tifère, à la rendre propre à s'unir au mercure, et ils s'étaient proposé de disposer ainsi les minerais à l'amalgamation, en les laissant longtemps en contact avec le sel marin et le magistral; c'était la méthode *del curtido* (du corroyage) qui devait supprimer les pertes en mercure. Cette méthode a été obstinément essayée pendant longtemps et dans bien des usines; il a fallu partout y renoncer et revenir au travail ordinaire. La théorie actuelle ne peut pas donner de raison de cet insuccès bien constaté.

Il est certain que si l'on fait réagir une dissolution de sel marin et de sulfate de cuivre sur du sulfure d'argent, il se forme du chlorure d'argent. Mais cette action est très-lente, elle exige des liqueurs concentrées que l'on ne trouve pas sur le patio, et même dans ce cas il ne faut pas moins de deux à trois mois pour obtenir une chloruration un peu accentuée. Or la formation de l'amalgame dans une torta bien conduite n'attend pas vingt-quatre heures; chaque addition de magistral est immédiatement suivi d'un enrichissement du mercure, et j'ai cité l'exemple d'une torta qui en dix jours avait livré 92 p. 100 de son argent.

Lorsqu'on a pris quelque habitude de la facilité avec laquelle on fait sortir l'argent des minerais sur le patio, et qu'on a aussi expérimenté, au laboratoire, les lenteurs de la chloruration des espèces sulfurées de l'argent, sous l'action des sels de cuivre à la température ordinaire, on a bien de la peine à admettre l'identité des réactions.

Après la formation du chlorure d'argent, on suppose que ce chlorure se dissout dans l'eau salée qui baigne la torta. La possibilité de cette dissolution soulève de sérieuses objections.

Il semble d'abord assez contradictoire d'admettre qu'une méthode métallurgique qui repose sur la solubilité du chlorure d'argent, expose ce chlorure à une action solaire intense, et qu'elle cherche à rendre cette action aussi active que possible par des retournages et des piétinements répétés.

D'un autre côté, on sait que si une liqueur contenant du chlorure d'argent est mise en contact prolongé avec certains sulfures métalliques, l'argent cède le chlore aux métaux plus oxydables, et passe lui-même à l'état de sulfure. Cette objection me semblait surtout s'appliquer aux minerais de Quebradillas à Zacatecas.

J'ai donc préparé une dissolution saturée de chlorure argentifère dans de l'eau également saturée de sel marin. On a pesé ensuite 100 grammes de minerais de Quebradillas, deuxième classe, finement porphyrisés, et on a versé dessus la quantité de la dissolution argentique nécessaire pour obtenir une pâte de consistance analogue à celle du *patio*, soit 38 centimètres cubes. Le mélange a été placé dans un flacon ouvert et laissé en repos pendant quatre jours, puis on l'a épuisé par l'ammoniaque. Les eaux ammoniacales ont été précipitées par l'hydrogène sulfuré et les sulfures fondus pour argent. L'argent contenu dans la liqueur salée primitive a été dosé de même par l'hydrogène sulfuré, la fonte et la coupellation.

Les résultats ont été comme suit :

	grammes.
Argent retiré de 38 centimètres cubes de la liqueur salée primitive.	0,025
Argent retiré de 38 centimètres cubes de la même liqueur, après quatre jours de contact avec le minerai de Quebradillas.	0,0005

D'où il faut conclure que ce minerai de Zacatecas, mis en présence de la quantité maximum de chlorure d'argent que pourrait dissoudre l'eau salée des tortas, décompose complétement ce chlorure. Cependant le minerai de Quebradillas est traité d'une manière courante sur le patio à l'usine de la Granja, près de Zacatecas.

Il est, enfin, bien difficile d'admettre cette dissolution du chlorure d'argent comme une réaction principale de l'amalgamation, si l'on tient compte du peu de concentration de la liqueur saline des tortas.

Nous avons vu, en effet, dans les détails numériques relevés aux usines, qu'une torta, sur le patio, se compose en moyenne générale de :

Minerai	100
Eau	30 à 35
Sel marin (impur)	3,50
Sulfate de cuivre	0,25

Ce qui en nombres ronds assigne à la liqueur saline des tortas la composition moyenne :

Eau	100
Sel marin	10
Sulfate de cuivre	0,75

Si donc on pèse 135 grammes d'une dissolution saturée de sel marin et de chlorure d'argent à la température ordinaire, et qu'on l'étende de 200 grammes d'eau dans laquelle on aura fait dissoudre $2^{gr},25$ de sulfate de cuivre, on obtiendra, après filtration du chlorure d'argent qui se sera séparé, le maximum de richesse que puisse présenter la liqueur saline des tortas; or l'expérience prouve que cette richesse ne dépasse pas 13 milligrammes d'argent par litre. Nous verrons qu'en réalité les eaux du patio n'arrivent pas à ce titre.

Reste comme dernière hypothèse de la théorie actuelle la réduction par le mercure du chlorure d'argent dissous.

Le pouvoir réductif du mercure seul sur une dissolution salée saturée de chlorure argentique est si faible, que cette précipitation directe de l'argent par le mercure n'a pas été admise par tous les auteurs; elle est, en effet, peu probable. Dans le travail du cazo, on dissout le chlorure d'argent des minerais dans une dissolution concentrée et bouillante de sel marin, puis on précipite l'argent par le cuivre du fond de la chaudière dans laquelle on opère, l'argent est ensuite pris par le mercure. Lorsque, par accident, le mercure vient

à adhérer au fond de la chaudière, à voiler la surface du cuivre, à se substituer par-là même à son action, la réduction du chlorure d'argent devient si lente, que la production de l'amalgame est insensible, et que l'on est obligé de cesser le travail. Ainsi, dans ces conditions du cazo, avec des minerais très-riches, la température de l'ébullition, une liqueur saturée de sel marin et une action mécanique énergique pour aviver constamment la surface du mercure, lui enlever le protochlorure de mercure qui pourrait entraver son action, dans ces conditions favorables, le mercure ne peut pas réduire le chlorure d'argent avec l'énergie nécessaire à un travail industriel, il est donc bien difficile d'admettre qu'il puisse en devenir capable sur le patio, à froid, avec des minerais très-pauvres, au sein d'une liqueur saline très-diluée, et en présence d'un énorme excès de sulfures métalliques.

D'ailleurs, si l'action du mercure dans les tortas était bien réellement celle que l'on suppose, il est certain qu'on pourrait remplacer ce métal par un autre moins cher, le zinc, par exemple, pour lequel cette réduction est des plus faciles. Cette substitution a été tentée bien souvent au Mexique; je l'ai essayée moi-même sous bien des formes, elle a été toujours reconnue impossible; à très-petites doses, le zinc peut être employé en limaille ou en amalgame pour *refroidir* une torta trop active, mais avec des proportions plus fortes on arrête entièrement la production de l'amalgame; pour la faire renaître, il faut reproduire sur le mercure les signes de son altération.

En résumé donc, chacune des réactions admises par la théorie actuelle soulève des objections nombreuses; on peut dire aussi que, prise dans son ensemble, elle reflète mal les traits essentiels de la méthode.

Elle n'explique pas cette nécessité, bien démontrée par la pratique, du concours simultané des trois réactifs, sel, magistral, mercure.

Elle ne montre pas davantage l'origine de la *pasilla*, limaille métallique fine de blanc d'argent qui se montre au début adhérente aux sulfures métalliques, que l'on isole sous forme de croissant dans les essais quotidiens des tortas par le lavage à la sébile, qui se dissout ensuite dans le mercure, et qui est le guide le plus sûr de l'*azoguero*.

Elle laisse enfin en dehors de ses explications ce mode de travail si caractéristique du *patio*, cet étendage des minerais au soleil, sous forme d'immenses galettes boueuses que l'on pétrit sous les pieds des mules tant qu'il reste de l'argent à extraire.

Telles sont les raisons principales qui m'ont conduit à conclure que l'extraction de l'argent, dans les tortas mexicaines devait dépendre d'une réaction autre que celle de sa chloruration.

§ 2. — DES PRODUITS PRINCIPAUX DE L'AMALGAMATION. — ANALYSE QUALITATIVE.

La composition élémentaire des tortas mexicaines, est chose fort complexe. En outre de l'or et de l'argent, et des métaux de la famille du platine (ces derniers dans les mines de la Sierra-Madre du Nord), les minerais renferment presque toujours du cuivre, du zinc, du fer, de l'antimoine, et très-souvent du plomb, de l'arsenic, du manganèse, du nickel (rare) et du cadmium (abondant dans les blendes de la Sierra de Durango). L'emploi du magistral fabriqué avec pyrites de cuivre, introduit des sels solubles de cuivre, de zinc et de fer ; les saltierras ou sels bruts extraits des lagunes intérieures contiennent, outre le sel marin, des sulfates de chaux et de magnésie, des carbonates alcalins, et souvent aussi, comme aux environs de Matehuala, une forte proportion de nitre ; l'analyse complète des tortas en travail serait donc des plus délicates, et fort laborieuse. Elle serait cependant peu instructive, car la plu-

part des corps n'ont qu'un rôle inerte pendant l'amalgamation. Je me suis donc borné à rechercher, autant que les circonstances où j'étais placé m'ont permis de le faire, la présence ou l'absence des composés capables d'intervenir dans l'amalgamation de l'argent.

I. *Efflorescences salines des tortas.* — A Zacatecas, à l'usine des *Cinco-Señores*, j'ai eu l'occasion d'observer une torta qu'une interruption accidentelle de travail avait laissée abandonnée quelque temps à l'action du soleil. Sa surface desséchée était couverte d'efflorescences salines, d'un blanc pulvérulent; sous la loupe elles montraient une section rectangulaire allongée, elles se groupaient d'ailleurs de toutes façons; isolées avec soin, elles étaient solubles dans l'eau froide, précipitaient en abondance le chlorure de barium, et communiquaient à la flamme de l'alcool une coloration jaune intense, caractères suffisants pour faire conclure que ces sels étaient surtout formés de sulfate de soude. Il est donc certain qu'à la suite des réactions qui s'engagent dans les tortas, le sel marin se décompose cédant du chlore, et passant à l'état de sulfate de soude.

II. *Liqueur saline des tortas.* — Les essais dont les résultats vont suivre ont été faits en prélevant sur toute l'étendue de la torta, et avec la sébile, du minerai en travail; on a passé la boue, ainsi réunie, sur une chausse filtrante de toile, et le liquide séparé de cette manière a été filtré sur un filtre de papier.

1° Torta de l'usine Begoña à Zacatecas. — Les minerais proviennent de diverses exploitations, ils contiennent l'argent à l'état de métal natif, de sulfure simple, et de sulfure antimonié noir. Ils renferment en outre de la blende en proportion prédominante sur la pyrite de fer et de cuivre, la galène y est assez rare.

La torta comprend:

	kilogr.
Minerai cru, 70 montones.	64.400,000
Teneur d'essai du minerai. . 620g p. 100k	

		kilogr.
Argent total contenu.		399,280
Sel, 29 charges.	4.002k	
Magistral, 10 charges.	1.580k	
Teneur d'essai du magistral.	49g p. 100k	
Argent total du magistral pouvant être à l'état de sulfate ou de chlorure. . .		0,676
Mercure, première dose.	133k	
Eau contenue environ.	21.000k	

Age de la torta : 1 jour, après l'introduction du mercure.

La dissolution présente les caractères suivants : elle donne une réaction alcaline, ne se trouble pas par l'acide chlorhydrique, donne ensuite par l'hydrogène sulfuré un précipité tenant du cuivre et du plomb, puis par l'ammoniaque et l'hydrosulfate un précipité blanc.

330 centimètres cubes de cette dissolution évaporés à sec ont laissé 50gr,2 de résidus fixes, lesquels fondus pour argent (*), ont laissé sur la coupelle :

	gr.
Argent	0,0023

On tire de ces résultats les conséquences suivantes : les eaux salines de la torta sont alcalines, elles renferment des sels solubles de cuivre, de zinc et de plomb, et contiennent environ 7 milligrammes d'argent métallique par litre.

2° Torta de l'usine de Bernardez à Zacatecas. — Les minerais viennent de Veta-Grande, ils tiennent l'argent à l'état natif, sulfuré, et arseniosulfuré rouge ; les sulfures métalliques prédominants sont les pyrites de fer et la blende.

La torta contenait :

(*) Tous ces essais ont été faits avec de la litharge pauvre qui plusieurs fois essayée, a donné 1 à 1 $\frac{1}{2}$ milligramme d'argent pour 100 grammes. On a employé aussi peu de réactif que possible. Les résultats indiqués sont ceux de l'expérience, sans correction de l'argent introduit par l'oxyde de plomb.

		kilogr.
Minerai Veta-Grande, 85 montones. . . .		78.200,000
Teneur d'essai du minerai. .	130g p. 100k	
Argent total contenu.		101,660
Sel, 41 charges (sels impurs). . .	5.658k	
Magistral, 4 charges.	552k	
Teneur d'essai de ce magistral.	25g p. 100k	
Argent contenu dans le magistral et pouvant être à l'état soluble.		0,138
Eau de la torta environ.	26.000k	
Age de la torta, 10 jours.		

Les réactions sont les suivantes :

La dissolution ramène au bleu le papier rouge de tournesol après quatre à cinq minutes d'immersion ; par l'acide chlorhydrique et par l'hydrogène sulfuré, elle reste invariable. Par l'ammoniaque et par l'hydrosulfate, elle donne un précipité blanc sale très-abondant.

700 centimètres cubes de la dissolution évaporés à sec, ont donné 96 grammes de résidus fixes, qui ont été fondus pour argent et qui ont laissé sur la coupelle :

	gr.
Argent.	0,0012

Il suit de ces réactions que l'eau de la torta est alcaline, qu'elle ne contient pas de sels de cuivre solubles, que les sels métalliques en dissolution sont principalement des sels de zinc avec traces de sels de fer, enfin que le titre en argent de ces eaux est de 1,7 milligramme par litre.

3° Torta de l'usine San José à Zacatecas. — Les minerais venant de la mine *Varones*, tiennent l'argent à l'état natif et de sulfure simple ; ils ne contiennent que très-peu de blende, pas de galène, des pyrites de fer, sans pyrites de cuivre.

La torta se compose de :

		kilogr.
Minerai, 30 montones.		27.600,000
Teneur d'essai, argent. . . .	450g p. 100k	
Argent total de la torta.		124,200
Sels (impurs), 150 arrobes. . . .	1.725k	

		kilogr.
Magistral, 47 arrobes.	540ᵏ	
Teneur en argent du magistral. 25ᵍ p. 100ᵏ		
Argent apporté par le magistral et pouvant être à l'état soluble		0,135
Eau de la torta.	9.000ᵏ	
Age de la torta, 18 jours.		

Les eaux filtrées de ces minerais ont les réactions qui suivent.

Elles ramènent au bleu le papier rouge de tournesol. Elles restent invariables par l'acide chlorhydrique et l'hydrogène sulfuré, et précipitent en gris foncé par l'ammoniaque et l'hydrosulfate; ces sulfures dissous par l'acide chlorhydrique ne donnent que du zinc et du fer.

500 centimètres cubes de cette dissolution évaporés à sec ont laissé 65 grammes de résidus fixes, lesquels fondus pour argent ont laissé sur la coupelle :

	gr.
Argent.	0,0009

Il suit de ces résultats que cette torta a encore ses eaux alcalines; qu'en fait de sels métalliques, elles ne contiennent que des sels de zinc, et en moindre proportion des sels de fer; et qu'enfin leur richesse en argent ne s'élève pas à plus de 18 milligrammes par litre.

4° Torta de l'usine San-Juan à Guanajuato. — Les minerais viennent de la Luz, à gangue en partie calcaire, très-purs, sans blende ni galène presque sans pyrites de cuivre, contenant l'argent à l'état de sulfure simple, de psaturose et de polybasite, mêlés à de la pyrite de fer.

La torta se compose :

		kilog.
Minerai de la Luz, 73 montones.		107.456
Teneur d'essai, argent.	112ᵍ p. 100ᵏ	
Sel, 120 arrobes.	4.820ᵏ	
Magistral, 152 arrobes.	1.748ᵏ	
Eau environ.	36.000ᵏ	
Age de la torta, 17 jours.		

Les réactions sont comme suit :

La dissolution ramène au bleu le papier rouge de tournesol.

Par l'acide chlorhydrique et l'hydrogène sulfuré, elle donne un précipité de couleur d'abord variable et finalement noir ; lavé et séparé, puis repris par l'acide azotique à chaud, ce précipité est insoluble ; une portion séparée, séchée et calcinée avec de la chaux sodée, dans un tube fermé, donne du mercure métallique. Dissous par l'eau régale, ces sulfures n'accusent aucun autre métal ; l'absence du cuivre a été principalement vérifiée. D'ailleurs la liqueur séparée du sulfure de mercure n'a donné par l'ammoniaque et par l'hydrosulfate, qu'un très-léger précipité exclusivement formé de sulfure de fer.

600 centimètres cubes de ces eaux évaporées à sec ont donné 44 grammes de résidus fixes, lesquels fondus pour argent, ont laissé sur la coupelle :

	gr.
Argent	0,001

Les eaux de cette torta sont donc encore alcalines, elles ne contiennent en dissolution, en fait de sels métalliques, que des sels de mercure et de fer, enfin leur richesse en argent ne s'élève pas à plus de 1,6 milligrammes par litre.

Des résultats qui précèdent, je tirerai les conclusions suivantes :

Il n'existe pas de sel métallique acide libre dans les tortas ; les réactions de l'amalgamation se passent au sein d'une liqueur saline basique. Les sels solubles de cuivre apportés par le magistral, et qu'on retrouve dans la torta, peu de temps après l'introduction du mercure, disparaissent dans le cours du traitement ; il entre en dissolution, principalement des sels de zinc, des traces de sels de plomb et très-peu de sels de fer ; enfin, s'il s'agit de minerais ne contenant pas de sulfures métalliques facilement oxydables, il se dissout aussi des sels de mercure, mélange probable

de protochlorure et de bichlorure, suivant l'état de travail des minerais. La proportion de chlorure d'argent dissous est des plus minimes, et sans discuter l'influence que peuvent avoir sur les résultats obtenus, l'emploi nécessaire de la litharge pour les essais, et l'usage, comme magistral, de pyrites de cuivre, qu'on a vues être argentifères, la quantité totale d'argent en dissolution, est une fraction si petite de l'argent total contenu dans la torta, qu'il est impossible d'admettre le fait de cette dissolution comme une des réactions principales de l'amalgamation.

III. *Minerais en traitement.* — Ce qui est surtout utile à déterminer dans le mélange complexe qui forme la torta, c'est la nature des combinaisons insolubles où s'engage, d'après ce qui précède, le cuivre du magistral, la proportion de chlorure d'argent qui peut s'y trouver, et l'état que prend le mercure perdu dans le traitement; voici les résultats obtenus :

1° État du cuivre.

a. 50 grammes de minerai en traitement à l'usine de Begoña à Zacatecas ont été longtemps mis en digestion dans l'eau froide; les lavages ont été continués tant que les liqueurs filtrées précipitaient par le nitrate d'argent ou le chlorure de barium; les eaux ont été rapprochées par évaporation, et elles ont donné les caractères suivants.

Elles accusent une réaction alcaline; elles restent invariables sous l'action de l'acide chlorhydrique et de l'hydrogène sulfuré; elles ne donnent, par le fer métallique, et en présence d'un léger excès d'acide, aucune trace de cuivre. Ainsi au moment de la prise d'essai, c'est-à-dire après deux jours de traitement, et après un repaso complet, la torta ne contenait plus de sels de cuivre solubles dans l'eau; après son épuisement par l'eau, le minerai a été repris par l'ammoniaque, vérifiée bien pure; les liqueurs ont passé sous le filtre très-fortement colorées en bleu, et ont donné par le sel d'argent, après leur saturation par l'acide

nitrique également pur, un précipité très-abondant, d'où il faut conclure que la torta contient du protochlorure ou de l'oxychlorure de cuivre.

b. Une torta en traitement à l'usine Bernardez, à Zacatecas, a été encore examinée, comme il vient d'être dit, par l'eau pure jusqu'à dissolution complète des chlorures et des sulfates, puis par l'ammoniaque. La prise d'essai a été prélevée dix jours après le début du traitement et après trois jours de repos laissés à la torta. Le minerai épuisé par l'eau n'a pas cédé de cuivre, il n'en a pas cédé non plus par des lavages prolongés à l'ammoniaque; par conséquent, à ce moment de son traitement, le minerai ne renfermait plus trace du sulfate de cuivre apporté par le magistral, et les chlorures basiques que nous avons vu exister par l'essai précédent avaient été eux-mêmes décomposés.

c. J'ai renouvelé ces essais à l'usine San-José de Zacatecas sur une torta de minerais riches, en très-bonne marche, et arrivée à la moitié environ de sa durée. Le minerai a été prélevé après un repaso; il a été successivement épuisé par l'eau pure et par l'ammoniaque; le cuivre a été recherché par le fer dans les dissolutions rendues très-légèrement acides. La dissolution par l'eau n'accusait pas trace de cuivre, au contraire l'ammoniaque en avait dissous une très-forte proportion.

d. Une troisième torta en travail a été examinée de même à l'usine du Fresnillo; elle était arrivée au milieu environ de son traitement, et était restée plusieurs jours en repos. L'emploi successif de l'eau et de l'ammoniaque n'a pu enlever aucune trace de cuivre.

Il aurait fallu pouvoir faire ces essais tous les jours sur une même torta, et les renouveler avec des minerais de composition très-différente, pour suivre les changements d'état qui semblent se produire dans les sels de cuivre du magistral. Tels qu'ils sont, ces résultats autorisent cependant à conclure que le sulfate de cuivre, que nous avons vu

être introduit par le magistral, disparaît très-rapidement dans l'intérieur des tortas, qu'il s'y forme du protochlorure ou des oxychlorures de cuivre, lesquels peuvent disparaître aussi, mais qui semblent pouvoir se reproduire, sous l'influence du piétinement répété des mules. Ces conséquences me semblent fondamentales.

2° État de l'argent. — Il faut se borner à déterminer la proportion d'argent chloruré qui existe dans les tortas, car bien qu'il fût très-utile de le connaître, il n'est pas possible de séparer sûrement les uns des autres l'argent natif, l'argent sulfuré simple et les sulfures argentifères complexes présents dans les minerais.

Dans la détermination du chlorure d'argent on a opéré sur 50 grammes de minerai, qui ont été épuisés par l'ammoniaque, tant que l'alcali filtré donnait un trouble appréciable par l'hydrogène sulfuré; les liqueurs réunies ont été précipitées par ce réactif, et les sulfures fondus pour argent. Les résultats obtenus par ces moyens sont les suivants :

1° *Torta de minerais de Veta-Grande à Zacatecas.* — Argent sulfuré et arseniosulfuré, tenant 130 grammes d'argent aux 100 kilogrammes. Argent à l'état de sel ou d'oxyde dans la torta au dixième jour de traitement pour 100 kilogrammes de minerai. 1gr,80

2° *Torta de minerais de la mine Varones à Zacatecas.* — Argent sulfuré, argent natif, tenant 450 grammes d'argent pour 100 kilogrammes; argent soluble dans la torta au dix-septième jour de son travail; argent métallique correspondant, pour 100 kilogrammes de minerai sec sur le patio. 10gr,00

3° *Torta de minerais de San Rafael, riches.*—Argent natif très-fréquent, argent sulfuré; teneur 615 grammes d'argent aux 100 kilogrammes; chlorure d'argent ou oxyde au deuxième jour de traitement; métal correspondant pour 100 kilogrammes de minerai. 40gr,00

4° *Torta du Fresnillo, pauvre.* — Argent sulfuré, tenant 95 grammes aux 100 kilogrammes; deuxième jour de traitement; argent correspondant au sel soluble existant dans la torta pour 100 kilogrammes de minerai en travail. 2gr,00

Il serait facile de se rendre compte de la teneur relativement élevée en chlorure d'argent trouvée pour la torta de San-Rafael, car ce minerai est extrêmement riche en argent natif, et on sait que le sel marin seul, sans qu'il soit besoin d'une autre action, peut altérer la surface de l'argent métallique et la convertir en chlorure, altération qui doit être d'autant plus sensible que le métal est en particules plus fines, comme à San-Rafael. Mais sans insister sur ces observations, je ferai remarquer que les tortas de Veta-Grande et de Fresnillo ont accusé une teneur en chlorure à peu près nulle, et cependant ces tortas étaient l'une et l'autre dans un excellent état d'amalgamation.

3° État du mercure.—L'altération que le mercure éprouve dans la torta se traduit par une couleur gris de cendre qui couvre la surface du métal, et par un nuage grisâtre qui se dégage lorsqu'on le frotte, sous l'eau, contre la sébile.

Pour déterminer la nature de cette altération, j'ai séparé 100 grammes environ d'amalgame d'une torta en bon travail à Guanajuato. Après élimination complète des gangues et des sulfures, le mercure, réuni en une seule masse, présentait la couleur cendrée, caractère d'un bon travail. Il a été placé dans un mortier de verre et trituré, sous l'eau distillée, tant qu'il a paru se produire un dégagement appréciable de ce corps pulvérulent qu'on observe dans les essais à la sébile.

Les eaux étaient décantées et filtrées. Examinées, elles ne contenaient que des chlorures et des sulfates alcalins.

Le précipité gris resté sur le filtre a été lavé et séparé; traité par l'ammoniaque, il est devenu noir, mais en même temps l'alcali s'est fortement coloré en bleu. Les eaux ammoniacales filtrées, saturées par l'acide nitrique sont restées limpides, elles ont précipité par le nitrate d'argent et donné du cuivre par le fer métallique. D'un autre côté, le résidu devenu noir par l'action de l'ammoniaque, et dont la nature était déjà bien indiquée, a cependant été calciné avec

la chaux sodée et a donné du mercure métallique; repris à chaud par l'acide azotique, il a donné une dissolution claire précipitant le nitrate d'argent.

D'où on peut conclure, que le corps gris pulvérulent qui, dans la sébile de l'azoguero, recouvre le mercure et qui dégage un nuage grisâtre, lorsqu'on frotte le métal sous l'eau, est un mélange de protochlorure de cuivre et de protochlorure de mercure sans traces de chlorure d'argent.

Les divers résultats que je viens d'indiquer ne sont pas suffisants pour établir, d'eux-mêmes, une explication complète de l'amalgamation mexicaine; ils constituent cependant un ensemble de faits auxquels toute théorie devra nécessairement satisfaire, et que l'on peut résumer comme suit :

1° Sous l'influence des sulfates métalliques acides du magistral, le sel marin cède du chlore et passe à l'état de sulfate de soude; il se fait du bichlorure de cuivre; une partie du chlorure alcalin est seule décomposée, à cause de la proportion relative des réactifs en présence.

2° Après l'introduction du mercure, et pendant tout le traitement, les eaux au milieu desquelles se passent les réactions de l'amalgamation sont basiques.

3° Peu de temps après le commencement du travail des tortas, il n'existe plus en dissolution du sulfate de cuivre; il s'est formé du protochlorure de cuivre.

4° La proportion de chlorure d'argent qui existe, soit en dissolution, soit à l'état insoluble, est toujours très-petite, elle est même presque nulle pour certains minerais, qui cependant se laissent amalgamer.

5° Enfin le mercure en s'altérant passe à l'état de protochlorure; une partie de ce sel peut entrer en dissolution, soit qu'il se dissolve directement en présence du sel marin en excès, soit qu'il se transforme en mercure et en bichlorure sous l'influence de la grande lumière du patio ou sous l'action des chlorures alcalins et des matières orga-

niques qui existent toujours en grande abondance dans les tortas (*).

§ 3.— DES EXPÉRIENCES QUI PERMETTENT D'ASSIGNER DES PRINCIPES NOUVEAUX A L'AMALGAMATION AMÉRICAINE.

J'ai indiqué dans ce qui précède les raisons et les faits qui doivent, ce me semble, faire abandonner l'hypothèse de la chloruration de l'argent sur le patio. Je vais maintenant indiquer quelques expériences qui me conduiront à une explication, je crois complète, de tous les détails de l'amalgamation mexicaine.

I. On prépare une dissolution limpide formée de :

Eau.	100
Sel marin.	10
Sulfate de cuivre.	0,75

Au milieu de cette liqueur, qui présente, comme on le voit, la composition ordinaire des eaux du patio, on suspend une lame de cuivre bien décapée, et retournée à son extrémité inférieure de façon à présenter une partie horizontale. Sur ce rebord horizontal se place du sulfure d'argent naturel en limaille très-fine; le tout est laissé à la température ordinaire.

Les réactions commencent immédiatement; peu de minutes après l'immersion, on voit naître tout le long de la lame de cuivre un nuage blanchâtre qui tombe au fond du vase; la partie supérieure de la lame de cuivre se couvre de taches noires, et le sulfure d'argent commence à se transformer en argent métallique. Après quelques heures, la réduction est complète, si le sulfure d'argent employé ne forme sur le cuivre métallique que quelques millimètres d'épaisseur. L'argent séparé est immédiatement et entièrement soluble dans le mercure, et il est facile de s'assurer

(*) Ces matières organiques proviennent du fumier des mules.

que le précipité blanc réuni au fond du vase est du protochlorure de cuivre, tandis que le dépôt noir qui a recouvert la lame est formé de sulfure de cuivre.

Pour interpréter cette expérience, il faut observer que la production du protochlorure de cuivre précède l'apparition de l'argent métallique.

La première réaction est donc la réduction au minimum du sel de cuivre formé par le mélange de sel marin et de magistral; une partie du protochlorure ainsi produit se dissout à l'état de sel double de sodium et de cuivre, une autre partie se précipite à l'état insoluble.



$$CuCl + NaCl + Cu = NaCl, Cu^2Cl.$$

Ce sel double de protochlorure de cuivre et chlorure alcalin une fois formé réagit sur le sulfure d'argent, il se forme du sulfure de cuivre, et il se régénère du bichlorure de cuivre.



$$NaCl, Cu^2Cl + AgS = NaCl, CuCl + CuS + Ag.$$

Le bichlorure régénéré reproduit la réaction première, et cette succession persiste tant qu'il reste de l'argent à désulfurer.

II. Dans cette manière d'interpréter l'expérience qui précède, le sel marin n'agit pas par le chlore qu'il renferme, il n'intervient que comme sel alcalin pouvant former un sel soluble avec le protochlorure de cuivre. La réduction du sulfure d'argent est directement attribuée au sel de cuivre au minimum maintenu en dissolution.

On peut confirmer cette interprétation par l'expérience suivante :

On prépare une dissolution limpide de deutocyanure de cuivre et de potassium en traitant du sulfate de cuivre par un excès de cyanure de potassium. On suspend dans cette liqueur, comme pour la première expérience, une lame de cuivre portant du sulfure d'argent en limaille très-fine; les

réactions sont favorisées si la température arrive à 25 ou 30 degrés; elles sont d'ailleurs de même nature. Le sel double primitif $KCy, CuCy$ est réduit par le cuivre à l'état de sel double alcalin de protocyanure KCy, Cu^2Cy, lequel réagit sur le sulfure d'argent; il se produit du sulfure de cuivre de l'argent métallique, et il se régénère du deutocyanure.

III. L'emploi du cuivre métallique n'est pas indispensable pour obtenir la réduction du sulfure d'argent dans les conditions des expériences précédentes; le mercure peut lui être substitué.

On amalgame fortement la lame de cuivre qui supporte la limaille d'argent sulfuré et on la suspend dans la même dissolution de sel marin et de sulfate de cuivre; les réactions sont identiques; le bichlorure de cuivre que forme le mélange de sel marin et de sulfate de cuivre, est réduit par le mercure; il se forme du protochlorure de cuivre et du prochlorure de mercure; le premier sel, en partie dissous à l'état de sel double alcalin, réagit sur le sulfure d'argent; il se produit de l'argent métallique, un équivalent de cuivre passe à l'état de sulfure; il se régénère un équivalent de bichlorure de cuivre.

IV. La réduction rapide du sulfure d'argent à l'état d'argent métallique qui est le caractère des expériences précédentes, ne se reproduit plus, si, tout en maintenant les autres conditions de l'expérience, on supprime le contact du minéral avec le métal réducteur du sel de cuivre, cuivre ou mercure. Quelle que soit sa nature, cette action de contact est ici nécessaire; elle est favorisée par une élévation de température.

V. Les différentes espèces minérales de l'argent, soumises à cette action du protochlorure de cuivre, en présence du sel marin, et au contact du cuivre ou du mercure, présentent de très-grandes différences dans la facilité de leur réduction.

J'ai successivement essayé les espèces qui constituent les principaux minerais exploités au Mexique.

1° *Argyrose.* — Le sulfure d'argent, de toutes les mines où je l'ai rencontré, se réduit avec la facilité la plus grande. En opérant au soleil, et par une température extérieure élevée, vingt à vingt-cinq minutes suffisent pour ramener à l'état métallique un dépôt de 2 millimètres d'épaisseur de sulfure d'argent en limaille fine placé sur la lame de cuivre.

2° *Psaturose.* — Ce minerai très abondant à Guanajuato se réduit presque aussi facilement que le sulfure simple.

3° *Polybasite.* —On l'a trouvée à la Luz de Guanajuato, à Veta-Grande, à Zacatecas, à Tepatitlan, Guerrero ; elle se réduit avec plus de lenteur que les espèces précédentes.

4° *Pyrargyrite.* — De l'argent rouge de Tepatitlan, où l'essai n'a donné aucune trace d'arsenic, s'est montré absolument irréductible. Il en a été de même pour un minerai à poussière rouge obscur, contenant beaucoup d'antimoine, et peu d'arsenic, sans traces de cuivre, et provenant de la Veta de Pabellon à Sombrerete.

5° *Proustite.* — Des cristaux de proustite provenant de Veta-Grande à Zacatecas, donnant à l'essai de l'arsenic en proportion dominante et de l'antimoine, ont été très-facilement réduits. La même réduction a été obtenue pour de l'argent rouge du Fresnillo, pour celui de la mine de la Magdalena à Temascaltepec et encore de Quebradillas à Zacatecas. Dans tous ces minerais l'analyse indique la présence de l'arsenic et de l'antimoine ; pendant la réduction il se dépose sur la lame de cuivre qui supporte le minerai de l'arseniure de cuivre gris métallique.

6° *Cuivre gris.* — (Tetraédrite). De Santa Anna dans le Guerrero, bien caractérisé, très-riche en argent, poussière brun rouge, a été irréductible.

7° *Blendes et galènes.* — Provenant de diverses mines et souvent de teneurs très-élevées, elles n'ont pas cédé d'ar-

gent au mercure après une action prolongée du sel basique de cuivre, au contact du mercure.

8° *Chlorure d'argent.* — Le chlorure d'argent de San-Dimas près Durango a été très-facilement ramené à l'état métallique (*). Ce minerai ne donne à l'essai, ni les réactions du brôme, ni celles de l'iode ; le chlorure d'argent y est absolument pur. Au contraire, du minerai de chlorure d'argent venant de San Luis, et d'autres, venant de Matehuala, se sont très-difficilement réduits ; mais ces minerais donnent à l'essai la réaction du brôme, et doivent être considérés comme du chloro-bromure (embolite), et non comme chlorures purs.

9° *Bromures.* — Ces minerais (Plata verde) se sont toujours montrés irréductibles. Ceux qui ont été essayés provenaient du cerro San-Pedro-Potosi, de Matehuala et de Catorce.

Ces résultats ont cela de remarquable qu'ils établissent, entre les divers minerais de l'argent, des distinctions depuis longtemps bien reconnues par la pratique des azogueros.

Les galènes et les blendes, entièrement inattaquables dans les expériences que j'ai décrites, sont bien connues pour ne rien donner sur le patio.

Les cuivres gris ont été aussi irréductibles dans les expériences citées, on a aussi vainement essayé de les amalgamer au Mexique ; ces minerais existent en grande abondance dans la Sierra de Guerrero notamment ; on ne peut pas les fondre, vu le manque de minerais plombeux, ils ont toujours résisté à l'amalgamation ; les mines restent donc abandonnées.

Les arseniosulfures et les antimoniosulfures ont donné

(*) Il est presque inutile d'observer que la réaction est la mêm pour les minerais chlorurés que pour les minerais sulfurés :



$$NaCl + NaCl\,Cu^2Cl + AgCl = (NaCl,\,CuCl)^2 + Ag.$$

des résultats différents, les uns cédant leur argent avec facilité (Zacatecas) et d'autres (Tepatitlan et Sombrerete), résistant à la réduction; pareilles différences se sont produites dans le travail des usines, et, comme ces espèces de l'argent rouge sont très-souvent en mélange, on doit considérer ces minerais comme généralement peu propres à l'amalgamation sur le patio.

Enfin, on a vu que si le chlorure d'argent peut être réduit lorsqu'il est tout à fait pur, comme dans certains filons de San-Dimas, il devient très-difficile à réduire lorsqu'il contient du brôme en combinaison, et l'expérience a montré l'irréductibilité complète du bromure pur. De là cette distinction, bien établie dans la pratique, qu'il existe des minerais d'argent non sulfurés que l'on ne peut pas amalgamer sur le patio, et qu'il faut réserver pour le traitement par le cazo.

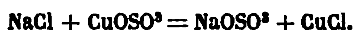
§ 4. — DE L'EXPLICATION DE L'AMALGAMATION AMÉRICAINE D'APRÈS LE PRINCIPE DE LA RÉDUCTION DIRECTE DU SULFURE D'ARGENT.

Il suit de ce qui précède que l'amalgamation de l'argent, sur le patio, ne doit pas être attribuée d'abord à la chloruration des espèces argentifères, puis à la réduction, par le mercure, du chlorure produit, mais qu'elle doit s'expliquer par la réduction directe du sulfure d'argent à l'état métallique, réduction produite par un sel basique de cuivre, soluble dans l'eau salée, agissant avec le contact du cuivre métallique. Il me reste à montrer qu'on peut, en effet, expliquer par ce nouveau principe tous les détails du procédé américain.

Les minerais suffisants pour faire une torta étant réunis sur le patio à l'état de boue tenant 30 p. 100 d'eau environ, la première opération du traitement est la distribution du sel; il importe d'assurer sa dissolution et son égale

répartition dans toute la masse du minerai avant d'aller plus avant, et pour cela il faut au moins six heures de travail des mules et vingt-quatre heures de repos à la torta.

Le lendemain du jour où on a mis le sel, on met le magistral ou mieux, s'il est possible, le sulfate de cuivre; il se répand en poudre fine sur tout le dessus des minerais. Ce sel est très-soluble. Les boues sont bien homogènes et partout bien imprégnées d'eau salée; une demi-heure de repaso suffit pour mélanger uniformément le sel de cuivre; à ce moment se produit la réaction :



$$NaCl + CuOSO^3 = NaOSO^3 + CuCl.$$

démontrée par le fait, constaté, de l'existence du sel de soude libre dans la torta.

Le sel cuivrique étant en dissolution, il faut se hâter d'introduire immédiatement le mercure; car le bichlorure de cuivre, laissé en contact avec les sulfures de métaux facilement oxydables (blende, certaines pyrites, etc.), qui peuvent exister dans les minerais, réagirait sur eux; la torta s'appauvrirait de magistral, et se chargerait aussi de soufre libre provenant de l'action du sel de cuivre sur les sulfures, ce qui est fort utile à éviter. Le mercure se répand en pluie fine sur toute la surface de la torta; puis immédiatement on fait marcher les mules pendant au moins six heures, retournant les minerais à la pelle après les trois premières heures de leur travail. A ce moment, un essai fait à la sébile doit montrer la masse entière des minerais imprégnée de mercure. Le métal doit être à l'état de globules métalliques encore discernables; il n'a pas dû être réduit à l'état de poussière. Quelques azogueros n'emploient pour cette première distribution que les deux tiers du mercure jugé nécessaire à l'épuisement total des minerais, soit 4 de métal pour 1 d'argent contenu; d'autres répandent immédiatement tout le mercure nécessaire, soit

6 parties pour 1 d'argent à amalgamer. Cette dernière méthode est la meilleure. Après l'introduction du mercure se produit la conversion du sel de bichlorure de cuivre en sel double alcalin de protochlorure :



$$(NaCl, CuCl)^2 + Hg = NaCl, Cu^2Cl + NaCl + HgCl.$$

et immédiatement aussi, au contact de chaque globule de mercure disséminé dans la torta, la réduction du sulfure d'argent commence :



$$NaCl, Cu^2Cl + AgS = NaCl, CuCl + CuS + Ag.$$

Au lendemain, on peut voir dans la sébile le résultat de ces réactions. En tête du dépôt que l'eau sépare des gangues, on verra un croissant de limaille métallique brillante de blanc d'argent très-fine. Ce sont les lamelles les plus fines de l'argent sulfuré qui ont été entièrement réduites et qui, n'ayant pas été mises encore en contact avec une quantité suffisante de mercure, ne se sont pas dissoutes; elles forment en ce moment une sorte de poudre d'argent combiné à un peu de mercure et répandue dans toute la torta. Les sulfures métalliques n'auront guère changé d'aspect; mais frottés avec ménagement contre les parois de la sébile, ils y laisseront des traces d'amalgame d'argent. Ce sont des particules d'argent sulfuré moins finement broyées, dont la réduction n'est pas complète et qui, sur leur partie non réduite, retiennent adhérent de l'amalgame d'argent. Enfin le mercure aura pris une couleur cendrée, et par la compression donnera de l'amalgame d'argent. La couleur cendrée provient du protochlorure de cuivre et du protochlorure de mercure, formés sur la surface du métal par sa réaction sur la liqueur saline de la torta; l'argent déjà dissous dans le mercure a été obtenu par le travail des mules sur la fin de ce premier repaso.

Ces caractères étant obtenus, on doit laisser la torta

tranquille; car la réduction du sulfure d'argent s'y poursuivra seule tant qu'il restera une proportion suffisante du sel double alcalin d'oxydule de cuivre. Elle progressera d'ailleurs, car, bien que la torta soit en repos, le mercure n'y reste pas immobile; sous l'action de la pesanteur et grâce à la fluidité relative des minerais, le métal descend sans cesse pour gagner les dalles du patio, et l'on doit concevoir la torta comme incessamment traversée par une pluie mercurielle très-fine, en mouvement très-lent, qui désargente les minerais à mesure qu'elle les traverse.

Mais après un certain temps, la dissolution saline qui baigne la torta s'est appauvrie de protochlorure de cuivre; il s'est formé beaucoup de sulfure de cuivre par le soufre de l'argent sulfuré; de plus, le mercure est en grande partie tombé au fond de la torta. En cet état les réactions s'arrêteraient bientôt. Pour leur donner une activité nouvelle, il faut retourner les minerais et les faire ensuite piétiner par les mules, ce qui est donner un repaso.

Par ce travail du piétinement des mules et aussi en présence de l'eau salée, le sulfure de cuivre, qui résulte de la réduction de l'argent sulfuré, s'oxyde très-facilement; il se forme du sulfate de cuivre, et alors peuvent recommencer les réactions successives qui conduisent à une nouvelle production d'argent métallique. D'un autre côté, le mercure de la torta vivement fouetté par les pieds des mules, qu'il faut alors lancer au grand trot, amasse et dissout toutes les particules d'argent métallique déjà réduit, tandis que les parcelles d'amalgame sec, adhérentes à des grains mal broyés peuvent en être séparées, et ces grains préparés à une nouvelle réduction. Ces effets se retrouvent bien manifestes dans l'essai à la sébile fait après ce repaso. On ne retrouve plus le croissant de limaille blanc d'argent dont j'ai montré plus haut l'origine; le mercure a tout amassé, mais il est lui-même devenu pâteux, et par la compression on le trouve bien plus riche en argent.

Le repaso, qui est à vrai dire le seul moyen d'action de l'azoguero, active donc l'amalgamation par deux effets distincts :

1° Il oxyde le sulfure de cuivre formé par la désulfuration de l'argent, et sous ce rapport équivaut à une addition de magistral.

2° Il amasse l'argent déjà réduit, le dissout dans le mercure, et séparant les particules d'amalgame des grains de sulfure d'argent mal broyés, les prépare pour une nouvelle action des réductifs.

Cette succession d'effets, désulfuration de l'argent par le sel double de protochlorure de cuivre et de sodium, oxydation du sulfure de cuivre ainsi produit, dissolution de l'argent réduit dans le mercure, se produit par la succession même des temps de repos et des temps de *repaso*, par lesquels passe la torta; elle dure tant qu'il reste des espèces argentifères réductibles au milieu des minerais.

Reste à voir à quel moment il faut arrêter le travail. Nous avons dit quels étaient les signes certains de la fin de l'opération :

1° Il n'y a plus de *prendido*, disent les azogueros, c'est-à-dire qu'en frottant les sulfures métalliques, résidus du lavage dans la sébile, on ne trouve plus de mercure aux prises avec ces sulfures. C'est qu'à ce moment il n'y a plus de parcelles argentifères réductibles; tant qu'il en existe, elles se réduisent par leur surface dès que le mercure arrive à leur contact; l'argent mis à nu retient un peu de mercure qu'on peut isoler en frottant avec précaution les sulfures qui restent encore; dès que cet effet ne peut plus se produire on peut être certain qu'il ne viendra plus d'argent de ce qui reste des minerais.

2° La *limadura* a disparu, elle est remplacée par un croissant de couleur grise pulvérulent. La limadura est de la poussière d'argent métallique tenant un peu de mercure, et que le prochain *repaso* doit entièrement transformer en

amalgame liquide ou pâteux; s'il ne s'en forme plus, c'est que les sulfures qui restent ne peuvent rien céder; et il est inutile de fatiguer l'amalgame déjà existant dans la torta, car on est certain qu'il ne s'enrichira pas; le croissant pulvérulent qui remplace la *limadura* est du mercure très-divisé, mêlé de protochlorure de cuivre et de mercure.

Ces explications font voir que l'amalgamation d'une torta doit être facilement conduite à bonne fin, si dès le début on a bien dosé ses réactifs.

Le dosage du sel n'a aucune difficulté; un excès de ce réactif n'est jamais nuisible; au contraire, lorsque les azogueros sont pressés d'arriver à l'argent d'une torta, ils y font mettre un supplément de sel; ils facilitent ainsi la dissolution du sel double de protochlorure de cuivre, ils rendent la désulfuration de l'argent plus rapide.

La difficulté principale est l'emploi du magistral. Un grand excès de ce réactif coûtera nécessairement beaucoup de mercure pour ramener au minimum les sels de bichlorure que l'on aura introduits. Le chlorure de mercure formé avec trop d'abondance, voile la surface du métal et le rend presque inerte au contact de l'argent sulfuré; de plus, l'excès des sels acides (fer ou cuivre), s'il devient trop considérable, fait porter leur action sur les sulfures métalliques des minerais, il se fait du soufre qui peut attaquer le mercure, et des sels métalliques solubles qui diminuent beaucoup le pouvoir dissolvant de l'eau de la torta pour le protochlorure de cuivre; la réduction du sulfure d'argent est ainsi entravée de tous côtés, aussi il est bien rare qu'on puisse arriver à réparer une erreur grossière commise dans le dosage du magistral. Ces erreurs ne sont d'ailleurs possibles qu'avec l'emploi du magistral fabriqué avec des pyrites de cuivre, car leur teneur en sulfate de cuivre est des plus variables. Les excès de sulfate de cuivre qu'on peut ainsi introduire sont généralement peu considérables, et l'erreur peut le plus souvent se réparer. On employait autrefois

la chaux ou les cendres, on se sert aujourd'hui de cuivre de cément. La chaux ou les cendres peuvent être très-nuisibles, car si l'on en met trop, elles peuvent non-seulement saturer les sels acides en excès, mais encore détruire le sel double de cuivre sur lequel repose la réduction de l'argent sulfuré. Le cuivre de cément, au contraire, neutralise les sels acides, en produisant le réductif utile, aussi son emploi est partout préféré.

L'emploi d'un excès de mercure est aussi très-dangereux; il peut conduire à des pertes en argent très-considérables, et qui, au Mexique, passent inaperçues, puisqu'on n'essaye jamais les minerais que l'on traite. Le premier effet des réactifs est de produire sur la surface des parcelles argentifères une pellicule d'argent métallique; si la porphyrisation était exacte, la désulfuration serait complète et l'argent produit serait entièrement soluble dans le mercure; mais si la grosseur des grains reste appréciable, cette désulfuration ne sera que superficielle; lorsque le mercure employé ne dépasse pas 6 parties pour 1 partie d'argent à extraire, cet amalgame formé à la surface des grains les plus grossiers finit par devenir sec et comme pulvérulent, il se détache alors par l'effet des repasos, et la réduction du même grain peut se reproduire; mais s'il y a dans la torta un excès de mercure, le métal baignera toute la surface des grains incomplétement réduits; il ne pourra pas en être séparé par l'action des repasos, et comme les grains ainsi préservés ne peuvent pas se dissoudre dans le mercure, ils s'en sépareront lorsque le métal se réunira en une seule masse dans le lavage de la torta, et resteront perdus dans le résidu du traitement. On peut donc employer dès le début tout le mercure que l'argent contenu dans les minerais pourra convertir en amalgame sec, soit 6 parties de mercure pour 1 partie d'argent; on donnera ainsi une grande netteté aux réactions de la torta, mais il ne faudra pas dépasser cette limite.

La marche régulière de l'amalgamation peut encore être troublée par le manque du magistral ; cet état de la torta (*frio*), se manifeste par la couleur que prend le mercure. Sa surface n'est plus pulvérulente et grise cendrée, elle est miroitante d'un éclat métallique plus ou moins bronzé ; dans ce cas la torta ne contient plus de protochlorure de cuivre en dissolution.

Le plus souvent on peut remédier à cet état de choses par un repaso prolongé, qui oxyde la torta, et y régénère du sulfate de cuivre ; mais si les opérations ont traîné en longueur, ou si on traite des minerais contenant beaucoup d'arsenic ou d'antimoine, cette action du repaso devient insuffisante ; en effet, par suite d'une longue exposition à l'air, et surtout par suite des repasos trop multipliés, il se produit beaucoup d'oxychlorure de cuivre, qui ne peut plus reproduire des sels solubles ; de même lorsqu'on traite des minerais riches en argent rouge, il se produit des arseniures de cuivre qui demeurent inertes pour la suite des réactions ; la liqueur saline de la torta, dans l'un et l'autre cas, s'est beaucoup appauvrie de sa teneur primitive, en sels solubles de cuivre ; il faut avoir recours à une addition nouvelle de magistral. Mais avant de répartir le réactif dans la masse entière des minerais, il faut en séparer une petite portion, la peser, et par des essais prolongés pendant quelques jours, déterminer la dose de sulfate de cuivre, qui est strictement nécessaire pour faire reparaître dans la sébile les signes de l'amalgamation de l'argent.

§ 5. — DE LA CONSOMMATION DU MERCURE ET DES PERTES DE L'ARGENT.

Il reste à nous rendre compte des pertes en mercure et en argent, qu'entraîne toujours l'amalgamation américaine.

Pour ce qui est du mercure, les explications qui précèdent montrent bien les causes de sa destruction ; c'est en

effet aux dépens de ce métal que se fait la transformation des sels acides primitifs du magistral, en sels doubles alcalins qui sont les réducteurs de l'argent sulfuré.

L'équivalence :



$$(NaCl, CuCl)^2 + Hg = NaCl, CuCl + NaCl + HgCl.$$

rapprochée de la suivante



$$NaCl, Cu^2Cl + AgS = NaCl, CuCl + CuS + Ag.$$

montre même, que pour un équivalent d'argent réduit, il faut perdre un équivalent de mercure; mais on doit observer que le protochlorure de cuivre est très-difficilement soluble dans le sel marin; qu'une partie seulement de ce sel doit ainsi passer à l'état de sel double, et que par suite cette relation des équivalents est un minimum théorique qui ne peut être atteint. Il résulte cependant de cette dépendance des réactions que je viens de rappeler, une dépendance aussi nécessaire entre les quantités d'argent que l'on retire et les quantités de mercure que l'on perd. Cette dépendance a été bien reconnue dans la pratique; elle se traduit, chez les azogueros, par cette croyance au *consumido* qui veut que pour s'unir à l'argent, le mercure doit perdre une partie de son poids égal au poids du métal qu'il absorbe; elle se manifeste enfin dans le relevé que j'ai donné des pertes de mercure pour différentes usines, relevé qui fixe en moyenne générale, à 1,5 le rapport constant entre l'argent produit et le mercure consommé.

Ces observations données pour les minerais sulfurés s'appliquent encore aux minerais oxydés (colorados) où le minerai existe à l'état de chlorure pur, puisqu'il a été démontré que dans ce cas le chlorure d'argent est réduit non pas directement par le mercure, mais bien par le sel double alcalin NaCl, Cu^2Cl.

Cette altération nécessaire du mercure sous l'action des

sels acides du magistral, est, dans les explications théoriques qui précèdent, le point de départ de l'amalgamation; Sonneschmidt avait aussi observé que, sur le patio, le mercure ne peut pas prendre de l'argent, s'il ne s'altère lui-même, et dans la pratique, l'azoguero sait de même, que tant que le mercure ne montrera pas, dans les lavages à la sébile, une surface pulvérulente signe de cette altération, il ne produira pas d'amalgame d'argent : il sait aussi que toute son habileté consiste, en définitive, à maintenir cette altération lente et constante, et qu'à ce prix il est sûr d'arriver à une extraction de l'argent aussi complète que possible.

Cette extraction ne peut malheureusement pas être exacte pour le plus grand nombre des minerais.

Nous avons vu en effet, dans les expériences qui précèdent, que si au contact du mercure, et en présence d'une dissolution du sel double NaCl, Cu^2Cl, l'argent peut être réduit à l'état métallique, lorsqu'il est combiné à une faible proportion de soufre, d'arsenic ou d'antimoine, comme dans l'argyrose, la psaturose, la polybasite, cette réduction devient très-difficile, ou même impossible, si la quantité de soufre, d'arsenic ou d'antimoine en combinaison, vient à augmenter comme dans la proustite, la pyrargyrite, les cuivres gris, ou bien encore si le sulfure d'argent est allié à des sulfures métalliques difficilement oxydables, comme la blende ou la galène.

Il suit de là que les pertes en argent dépendent essentiellement de la nature des minerais. Tout le métal qui existera dans la torta sous forme de combinaison peu sulfurée sera réduit et amalgamé; mais celui qui y sera contenu à l'état de sulfure complexe échappera aux réactions et sera totalement perdu.

En résumé donc, pour ce qui est de la consommation du mercure et des pertes en argent, on voit : 1° que la destruction partielle du mercure est nécessaire, car c'est le

mercure qui, en se chlorurant, produit le sel basique de cuivre, réducteur de l'argent sulfuré, et 2° que l'extraction complète de l'argent est impossible, car les espèces minérales de l'argent résistent à cette action réductrice des sels basiques de cuivre, lorsque, en outre du soufre, le précieux métal est en combinaison avec l'antimoine, surtout avec l'arsenic, la blende et la galène.

CHAPITRE IV.

Des impôts sur les métaux précieux au Mexique, et des variations de la production.

L'exploitation des mines est libre au Mexique, mais l'exploitant ne peut pas disposer librement de l'or et de l'argent qu'il a produits.

Du code des mines que l'Espagne avait donné à ses colonies, on a laissé tomber en désuétude les prescriptions si sages qui réglaient la conduite des travaux souterrains et qui auraient pu prévenir tant de ruines, si on les eût conservées, mais on a maintenu avec la dernière rigueur les mesures fiscales prises pour sauvegarder les droits de la couronne sur le produit des mines. Ces mesures, aggravées encore par les divers gouvernements qui ont succédé à la domination espagnole, pèsent aujourd'hui lourdement sur l'industrie minérale, et sont peut-être le plus sérieux obstacle à son progrès.

L'or et l'argent, au sortir de l'usine, doivent d'abord se présenter au bureau d'essai, établi par l'État dans chaque district. Là ils sont fondus en lingots, pesés et essayés pour titre.

Au sortir du bureau d'essai, les métaux sont portés au

monnayage, qui leur est obligatoire, la loi interdisant toute exportation d'or et d'argent en lingots.

C'est à ce moment de l'échange contre espèces, que sont perçus les impôts (*quinto*, *real de mineria*, *contribucion federal*) qui représentent les redevances dues à l'État par les mines.

Les espèces peuvent alors être versées dans la circulation locale ; mais si elles viennent à se déplacer, elles doivent déclarer leur mouvement et payer un droit de circulation ; si elles se présentent pour sortir du territoire, elles sont tenues de passer par les douanes, et d'acquitter un droit d'exportation, auquel viennent se joindre encore les frais commerciaux de commission, de frêt et d'assurances, avant de pouvoir atteindre les marchés monétaires de l'ancien continent.

Tous ces prélèvements s'élèvent à une fraction très-élevée de la valeur des métaux ; ils équivalent, pour l'industrie minérale du pays, à un appauvrissement considérable des minerais exploités ; il est donc nécessaire de les faire connaître avec quelques détails.

§ 1. — FRAIS DE FONTE ET D'ESSAI.

L'obligation de présenter à la fonte officielle l'or et l'argent, tels qu'ils sortent du traitement métallurgique, est aujourd'hui éludée par le plus grand nombre des usines.

Les métaux arrivent donc au bureau d'essai déjà convertis en lingots qu'on accepte pour homogènes, sur lesquels on détache une prise d'essai, et que l'on poinçonne ensuite pour le poids. Ces poids sont exprimés en nombres croissants par $\frac{1}{8}$ d'once, toute fraction de poids inférieure à ce chiffre est négligée.

Le titre des lingots se détermine par voie sèche ; la prise d'essai est d'un demi-adarme (0,898 grammes) qu'on affine à la coupelle par quatre parties de plomb, quel que soit d'ail-

leurs le titre présumé de la barre. La coupellation se fait à une température d'ordinaire très-élevée; si le bouton de retour ne présente pas les caractères d'un affinage achevé, on le repasse avec nouvelle addition de quatre parties de plomb. Les titres qui résultent des pesées sont admis sans corrections.

Ces titres s'expriment en deniers et en grains. L'argent à $\frac{1000}{1000}$ est titré à 12 deniers; chaque denier contient 24 grains, et la plus petite fraction admise dans l'expression du titre est le $\frac{1}{2}$ grain; soit à très-peu près 1 millième $\frac{3}{4}$.

Ces détails montrent que pour cette détermination du poids et du titre, on se contente au Mexique d'une approximation assez grossière, et que le titre indiqué doit toujours être en dessous du titre véritable. Pour les barres très-pures provenant de l'amalgamation par le patio, cet écart peut être évalué à 1 $\frac{1}{2}$ ou 2 millièmes; mais pour les lingots à bas titre produits par l'amalgamation saxonne, quelques essais faits à Mexico m'ont montré qu'il pouvait aller à 8 ou 10 millièmes.

Les essais pour or se font par inquartation, s'il est nécessaire, puis en attaquant l'alliage par de l'acide azotique faible, que l'on remplace par de l'acide pur et concentré maintenu en ébullition pendant environ une demi-heure. L'opération est donc exacte, mais la nomenclature des poids et des nombres usités conduit encore à un affaiblissement du titre.

Le titre or s'évalue en karats et en grains : le titre de 24 karats correspond à celui de $\frac{1000}{1000}$; 24 karats comprennent 4.800 grains; 1 grain de titre or, équivaut donc à 0.208 millièmes. Mais les essayeurs mexicains n'ont pas de série de poids de grains d'or; ils pèsent avec les poids de la série argent; et, comme le plus petit poids de cette série est le $\frac{1}{4}$ de grain, soit 1,15 millièmes, et qu'on néglige toute fraction inférieure à ce poids, on voit que l'affaiblissement du titre pour or, peut aller à plus de 1 millième.

De plus, pour exprimer le titre en grains d'or il faut, d'après ce qui précède, multiplier les nombres de la pesée exprimés en grains d'argent, par la fraction $\frac{4800}{1152}$, laquelle étant irréductible conduit à des fractions de grains que l'on doit négliger encore pour exprimer le titre en entier.

Les poids et les titres ainsi déterminés sont poinçonnés sur les barres et servent pour l'échange qui va suivre contre espèces monnayées. S'il existe désaccord entre les titres donnés par l'essayeur de l'État et celui de l'hôtel des monnaies, une prise d'essai prélevée en commun est envoyée à Mexico, où le titre définitif est fixé par l'essayeur en chef pour tout le territoire.

Les droits prélevés pour la fonte et l'essai des barres sont établis sur des tarifs variables d'un district à l'autre. A Mexico on prélève 1 $\frac{1}{2}$ piastre par essai, le poids du lingot ne pouvant pas dépasser 136 marcs ; à Guanajuato les droits sont de 2 $\frac{1}{2}$ piastres par 100 marcs de métal présenté, plus $\frac{1}{2}$ réal par barre ; en moyenne générale on peut évaluer ces dépenses à 0,5 p. 100 de la valeur nette de l'argent monnayé.

§ 2. — FRAIS DE MONNAYAGE ET D'AFFINAGE.

Pendant toute la durée de la domination espagnole, le Mexique ne posséda qu'un seul hôtel de monnaies, celui de Mexico. Cet établissement avait suffi pendant trois siècles à la production des mines de toute la contrée, et livré à la circulation près de 11 milliards de francs en piastres d'argent ou en onces d'or, lorsque commencèrent les guerres de l'Indépendance.

La capitale fut alors séparée des grands centres producteurs de l'argent ; les lingots n'osèrent plus s'aventurer sur des routes battues de tous côtés par des bandes armées, les mineurs durent s'organiser pour monnayer sur place les lingots produits de leurs exploitations.

C'est ainsi que s'élevèrent de 1810 à 1812 les hôtels des monnaies de Zacatecas, Sombrerete, Chihuahua, Durango, Guadalajara.

Dix ans plus tard, le calme se rétablit en partie; mais l'esprit de fédéralisme qui avait envahi le pays, et les guerres civiles qui bientôt le désolèrent rendirent impossible tout retour à l'ancienne centralisation. Bien au contraire, chaque nouvel état qui parvenait à se constituer, chaque district de mines qui arrivait à grandir, revendiquait aussi le droit de monnayage; de tous côtés s'établirent de nouveaux hôtels de monnaies, tels ceux de Culiacan, d'Hermosillo, Guadalupe y Calvo, San Luis Potosi, Tlalpam, Oaxaca, et dans ces derniers temps Catorce.

De tous ces ateliers, neuf sont restés en activité de travail : Mexico, San Luis, Guanajuato, Zacatecas, Durango, Chihuahua, Culiacan, Guadalajara, et Oaxaca.

Ces établissements, et la plus grande partie de leur outillage appartiennent à l'État; mais la fabrication même des monnaies a passé aux mains de compagnies particulières.

Ces concessions ont été consenties à diverses époques et par divers gouvernements. Elles se sont faites à prix d'argent et à des conditions généralement désastreuses pour le trésor public.

Le cahier des charges de toutes ces compagnies assure, sur toute l'étendue du territoire, l'uniformité du poids et du titre des monnaies fabriquées. Un agent de l'État, délégué près de chacune d'elles, veille à l'exécution des prescriptions de la loi.

Ces prescriptions sont les suivantes :

La monnaie d'argent est au titre de 10 deniers 20 grains; la piastre est l'unité, son poids est tel que 8 $\frac{1}{2}$ piastres pèsent 1 marc castillan : la tolérance est de 1 grain pour le titre, et de 8 $\frac{1}{2}$ grains au marc pour le poids.

La monnaie d'or est au titre de 21 karats. L'once est l'unité, son poids est tel que 8 quadruples $\frac{1}{2}$ d'or pèsent 1 marc.

La tolérance est de $\frac{1}{4}$ de grain pour le titre et 8 $\frac{1}{2}$ grains pour le poids.

Par ces définitions légales, la piastre mexicaine est un poids de 27,044 grammes d'argent au titre de 902,7 avec une tolérance de 3 $\frac{1}{2}$ millièmes au titre et 0,18 p. 100 au poids.

L'once, unité de la monnaie d'or, contient 27^{gr},044 d'or à 875 millièmes avec une tolérance de 0,8 millièmes pour le titre et 0,18 p. 100 pour le poids.

L'échange des barres contre ces espèces est d'ailleurs réglé comme suit :

Le poids et le titre ayant été fixés par l'essayeur officiel, on détermine le poids du métal à échanger en supposant le titre égal à 11 deniers s'il s'agit de l'argent ; chaque marc contenu à pareil titre, est alors payé 8 $\frac{1}{4}$ piastres.

Or un marc d'argent à 11 deniers de titre renferme en métal fin 229^{g},88 × 916,6, soit.	210^{g},708
Les 8 $\frac{1}{4}$ piastres que le mineur reçoit en retour renferment, d'après ce qui précède, argent fin.	201^{g},404
La différence.	9^{g},304

représente les frais de monnayage qui s'élèvent ainsi à 4,41 p. 100 de la valeur de l'argent présenté au change.

En ce qui concerne l'or, la barre est ramenée par le calcul à 22 karats de titre, chaque marc d'or à ce titre, contenant en or fin 229^{gr},88 × 916,6 = 210^{gr},708, est alors payé 135 $\frac{3}{4}$ piastres.

Mais un marc d'or monnayé est au titre de 875 millièmes, il renferme donc 229^{gr},88 × 875 = 201^{gr},145 de fin ; ce marc, au monnayage, produit comme je l'ai dit 8 $\frac{1}{2}$ onces monnaie d'or, qui équivalent à 136 piastres ; ce qui donne pour la piastre l'équivalent d'or fin 1^{gr},479. Les 135 $\frac{3}{4}$ piastres payées par la monnaie pour le marc à 22 karats équivalent donc en or fin à 135,75 × 1^{gr},479, soit 200^{gr},774.

Ainsi le mineur apportant en lingots :

Or fin. 210g,708
Reçoit en échange : espèces monnayées équivalant en or fin. 200g,774

Ce qui donne, pour frais de monnayage, 4,71 p. 100. . . 9g,934

Les frais légaux du monnayage ressortent donc au Mexique à :

4,41 p. 100 pour l'argent,
4,71 p. 100 pour l'or.

Ces frais sont inférieurs aux prélèvements réellement faits, car les compagnies concessionnaires du monnayage, profitant toutes du faible permis, livrent les piastres au poids moyen de 27 grammes, et au titre de 900 millièmes environ. Il en est de même pour l'or (*).

Dans ces conditions on peut voir que les frais réels prélevés pour la fabrication des monnaies ressortent à :

4,85 p. 100 pour l'argent,
5,01 p. 100 pour l'or.

A ces dépenses du monnayage doivent se joindre encore celles de l'affinage, s'il s'agit de barres aurifères.

(*) Il arrive souvent sur les marchés de Londres ou de Paris des envois de piastres mexicaines qui sont payées à un prix bien supérieur à celui qui correspondrait aux titres que j'indique: ces piastres ont une autre origine.

Il existe au Mexique plusieurs hôtels de monnaies qui sont dépourvus d'ateliers d'affinage (Guadalajara, San Luis, Catorce); ces hôtels, aux termes de la loi, ne peuvent pas exiger livraison des lingots aurifères produits dans leurs districts; mais, malgré cette faculté qui lui est réservée d'aller faire affiner son métal dans un autre district, le plus souvent pressé d'argent, fort éloigné des ateliers de départ, ignorant le titre réel de ses lingots, le mineur sacrifie l'or contenu et livre son argent.

Ces barres sont alors séparées pour un monnayage spécial, dont les piastres sont réservées pour l'exportation.

Ce monnayage spécial se fait encore dans les hôtels de monnaies pourvus d'ateliers de départ, toutes les fois que les barres d'argent ont un titre en or trop faible pour laisser à l'affinage sur place un bénéfice sensible.

Ce travail de la séparation de l'or et de l'argent fut laissé libre pendant les premiers temps de la domination espagnole, mais vers la fin du dernier siècle, la cour de Madrid déclara que cette industrie était un privilége de la couronne, dépendant de celui du monnayage.

On fonda alors à Mexico un vaste établissement (*la Casa de Apartado*) où le départ de l'or se faisait par l'acide azotique, en décomposant ensuite le nitrate d'argent par la chaleur. On opérait dans des cornues de verre que l'on fabriquait dans l'établissement même, qui renfermait ainsi l'unique verrerie qu'il y eut alors au Mexique. Les frais étaient énormes, on ne commençait à payer l'or qu'à la teneur de 30 grains soit 6 $\frac{1}{4}$ millièmes.

Après l'indépendance, l'industrie du départ fut déclarée libre, et la teneur limite inférieure pour que l'or fût tenu en compte fut fixée à 3 $\frac{1}{8}$ millièmes. Quatre usines se fondèrent presque aussitôt, à Mexico, Guanajuato, Durango, Chihuahua. Mais vers 1842, le gouvernement mexicain revint sur sa décision première, et fit rentrer cette industrie dans les attributions de l'État. Ce monopole n'a pas été conservé ; il a été aliéné en même temps que le privilége du monnayage ; les ateliers d'affinage sont tous aujourd'hui aux mains des compagnies fermières des hôtels de monnaies.

L'opération se fait partout par l'acide sulfurique, mais les frais en sont variables suivant les districts.

A Mexico on prélève 3 reales par marc d'alliage, 8,80 fr. par kilogramme, mais le départ de l'or n'est fait pour le compte du propriétaire du lingot, qu'autant que le titre est au-dessus de 3 millièmes $\frac{1}{8}$.

A Guanajuato, on retrouve ces mêmes conditions.

A Zacatecas la taxe d'affinage est de 5 réales par marc, soit 11 francs par kilogramme, et la teneur nécessaire minima, pour que l'or soit porté en compte est de 23 grains, soit 5,2 millièmes.

Ces frais sont très-onéreux, car le titre en or de l'argent produit au Mexique est en moyenne peu élevé.

En effet le monnayage total de l'or pendant l'année 1863 par exemple, s'est élevé à Mexico à la quantité totale de 1.196,191 marcs. Ces 1.196,191 marcs d'or provenaient de l'affinage de 219,398 marcs d'argent aurifère, ce qui porte le titre moyen des barres affinées à 5,4 millièmes.

Cet or a été payé aux mineurs en piastres monnayées la somme de 1.196.191 × 135,75 =	162.382,93	piastres.
Sa séparation de l'argent à raison de 3 réales par marc d'alliage a coûté : 219.398 × $\frac{1}{8}$ piastres, soit.	82.274,25	id.

Ce qui fait ressortir pour ces circonstances moyennes de Mexico, le prix de l'affinage à 50,66 p. 100 de la valeur de l'or contenu.

§ 3. — REDEVANCES ET IMPÔTS DIVERS.

La redevance que la couronne d'Espagne prélevait sur les mines fut fixée à l'origine à 20 p. 100 de la valeur de l'or et de l'argent extraits; de là le nom de *quinto* sous lequel cet impôt est encore connu.

Plus tard, et sur les plaintes réitérées de l'industrie, ce droit fut réduit à 10 p. 100, plus 1 $\frac{1}{2}$ p. 100 pour frais de fonte et d'essai.

Après les guerres de l'indépendance, un décret de 1822 fixa à 3 p. 100 la somme de tous les impôts et droits à prélever sur les métaux précieux.

Depuis, et pour créer un fonds spécial destiné à doter une École des mines, on a établi, sur l'argent seulement, un droit de 1 réal par marc à 11 deniers de titre, dont la valeur est fixée à 8 $\frac{1}{4}$ piastres ; c'est le *real de mineria*, il équivaut à très peu près à 1 $\frac{1}{2}$ p. 100.

Enfin, sous le nom de *contribucion federal*, on a créé une

taxe additionnelle et égale à 25 p. 100 de la totalité des impôts qui précèdent, ce qui équivaut à un nouveau prélèvement de 1,25 p. 100.

Tous ces droits sont soldés au moment du change des barres contre espèces monnayées. En y comprenant les frais de monnayage, leur ensemble s'élève pour l'argent à un peu plus de 11 p. 100 de la valeur du métal (*).

De nouveaux impôts et de nouveaux frais sont encore à inscrire, si les espèces monnayées sont destinées à l'exportation ; ces frais sont :

1° Un droit fixe payé aux douanes intérieures du lieu de l'expédition et égal à 2 p. 100. C'est le droit de circulation.

(*) L'or est exempt de l'impôt *real de mineria*, mais il doit supporter en sus de l'argent les frais de l'affinage, ce qui porte à fort peu près au même chiffre le total des charges qu'il a à supporter. On en jugera par l'état de vente suivant d'un lingot d'argent aurifère présenté, par l'entremise d'une maison de banque, à la monnaie de Mexico.

Compte d'une barre d'argent portée en compte courant et présentée à l'hôtel des monnaies de Mexico.

Poids de la barre.	$41^{m}\ 6^{on}\ 0^{och}$	
Titre argent.	10 D. 20 grains 1/2	
Titre or.	25 grains.	
Grains d'argent contenus.	10.875,87	
Grains d'or contenus.	1.043,75	
10.875,87 grains d'argent font. . . . . . . piastres		339,87
1.043,75 grains d'or font. . . . . piastres		32,17
Ensemble : valeur contenue.		372,04
A déduire : frais d'affinage.		15,65
Reste valeur : or et argent séparés		356,39
Dépenses.		
3 p. 100 de droits sur 372,04.	11,16	
Essai et fonte.	1,50	
Real de mineria, 1.515 p. 100 sur 339,87. . .	5,15	
Contribucion federal : 25 p. 100 des droits.	4,44	
Menus frais.	0,25	
1 p. 100 commission.	3,56	
Ensemble à déduire.		26,06
Reste net à payer		330,33

ce qui porte l'ensemble des frais prélevés à 11,22 p. 100 de la valeur intrinsèque de la barre.

2° Un droit d'exportation à acquitter au port d'embarquement, et fixé à 6 p. 100 :

A ces impôts s'ajoutent ce qu'on appelle les *frais de conducta*, c'est-à-dire les frais de transport organisés par grands convois de numéraire, placés sous la garde d'une troupe armée spéciale, pour les ports du golfe comme lieu d'arrivée, et pour un point central du territoire comme lieu de départ. Ces frais sont d'à très peu près 1,25 p. 100.

Pour une expédition faite, par exemple, de Vera-Cruz au Havre, il faut compter en outre : des frais de commission au port d'embarquement, et qui s'élèvent d'ordinaire à ½ p. 100 des dépenses d'emballage et de port, des frais d'embarquement ¼ p. 100, puis enfin le fret de Vera-Cruz au Havre, qui est 1,125 p. 100 auxquels on ajoute d'ordinaire les dépenses d'assurance, soit 1 p. 100.

On est ainsi conduit à dresser l'état de frais qui suit.

État des frais supportés par les métaux précieux au Mexique depuis le lieu de production jusqu'aux marchés monétaires d'Europe.

1° Droits de fonte et d'essai	0,50	impôts prélevés par l'État :	19,10 p. 100
2° Frais du monnayage	4,85		
3° Impôt du *quinto*	3,00		
4° Impôt real de mineria	1,50		
5° Impôt : contribucion federal	1,25		
6° Droit de circulation	2,00		
7° Droit d'exportation	6,00		
8° Frais de conducta	1,25	frais commerciaux :	4,125 p. 100
9° Commission au port	0,50		
10° Frais d'embarquement	0,25		
11° Fret	1,125		
12° Assurances	1,000		
Ensemble : impôts et frais	23,225 p. 100		

En attribuant sur ce chiffre total 1 p. 100 aux frais réels du monnayage, on voit que les impôts de toute nature qui pèsent sur la production des métaux précieux au Mexique, ne s'élève pas à moins de 18 p. 100 de la valeur du métal.

§ 4. — QUANTITÉS D'OR ET D'ARGENT MONNAYÉES AU MEXIQUE. VARIATIONS DE LA PRODUCTION.

Si l'obligation de présenter au monnayage tous les métaux produits par les mines avait toujours été rigoureusement remplie, on trouverait, dans les archives des hôtels de monnaies, l'histoire même de la production des métaux précieux au Mexique, car les sommes monnayées ont toujours été exactement inscrites.

Mais cette disposition de la loi a été souvent éludée; d'un côté, l'exagération même des taxes a poussé à l'exportation illicite, et d'un autre côté, les gouvernements qui ont succédé à la domination espagnole, bien souvent pressés d'argent, ont escompté aux compagnies les droits à percevoir sur leurs produits, en leur concédant à prix comptant des permis d'exportation qui ont généralement porté sur des lingots non monnayés, lesquels ont ainsi échappé au contrôle officiel.

Il est très-difficile d'apprécier quelle a pu être et quelle est encore l'importance de cette exportation irrégulière des lingots.

Sous la domination espagnole, deux ports, Acapulco et Vera-Cruz, étaient seuls ouverts au commerce extérieur. La surveillance des douanes, concentrée sur ces deux points, y était très-rigoureuse; il ne fut, alors, jamais donné de permis d'exportation; on considère donc au Mexique les tableaux du monnayage de cette époque, comme l'expression réelle du produit des mines.

Après l'indépendance, cinq nouveaux ports, Tampico, Matamoros, Guaymas, Mazatlan, et San Blas, furent ouverts au commerce extérieur, et se partagèrent l'exportation des métaux précieux; mais ce partage se fit d'une manière très-inégale.

Tampico et Vera-Cruz sont restés les deux voies exclu-

sives par où s'écoulent les métaux extraits dans les provinces du plateau central, Mexico, Morelia, Guanajuato, Guadalajara (en partie), Zacatecas, San Luis, Durango et même Chihuahua, celles qui sous le régime espagnol représentaient la presque totalité de la production. Or le service des douanes est très-sévère encore, soit dans ces deux ports, soit le long des deux routes qui y conduisent. Le transport et l'embarquement clandestin de lingots y sont très-difficiles; on les y considère comme de très-peu d'importance; si ce n'était donc les permis d'exportations qui ont été quelquefois donnés dans ces provinces, les tableaux des hôtels de monnaies qu'elles renferment donneraient encore pour la période qui a commencé à l'indépendance, la production réelle des mines.

En dehors de ces provinces centrales, dont il est ainsi possible de suivre la production depuis l'origine des archives espagnoles jusqu'à nos jours, se trouve tout le territoire littoral du Pacifique, les provinces de Guerrero, Jalisco, Sinaloa et Sonora, toutes fort riches en mines d'or et d'argent. Sous le régime colonial, avant le commencement de ce siècle, ces provinces étaient bien peu peuplées et la production de leurs mines fort minime; mais depuis, et par suite même des relations commerciales créées par l'ouverture des ports du Sud, elles ont grandi; leur population s'est accrue par l'émigration venue de l'Amérique du Nord et dans ces derniers temps de Californie, leur industrie a commencé à se former, et il est certain que la production des métaux s'y développe tous les jours, mais rien ne permet d'apprécier son importance.

Les mines de cette région sont en effet fort nombreuses; chacune d'elles est en général peu importante; elles se trouvent presque toutes peu distantes des côtes et peuvent atteindre les ports d'embarquements par des chemins muletiers nombreux, à travers une contrée d'accès très-difficile, souvent presque déserte, où toute surveillance est par

suite impossible ; l'action du pouvoir central sur ces douanes des ports du Sud est elle-même fort relâchée ; l'exportation clandestine des lingots y est extrêmement active : elle échappe à toute espèce d'appréciation.

Si donc on laisse de côté la production de ces provinces des Andes du Pacifique, de très-peu d'importance sous le régime de l'Espagne, et complétement inconnue aujourd'hui, il restera pour apprécier les mouvements de l'industrie minérale du reste du territoire, les tableaux du monnayage qui, sans être des témoins absolument fidèles de la production, en accusent certainement les traits principaux.

C'est à ce titre que je reproduirai les données numériques suivantes sur le monnayage des métaux précieux au Mexique.

Ces données proviennent, pour la période qui commence en 1690 et finit en 1810, des Archives de la monnaie de Mexico, alors unique dans le pays, et pour les années suivantes jusqu'à nos jours, du total formé de la fabrication annuelle dans les hôtels qui se sont depuis établis (*).

(*) La fabrication de la monnaie d'argent a commencé, à Mexico, en 1537 ; mais les données précises ne remontent qu'à l'année 1690.

La fabrication de la monnaie d'or remonte à 1679 ; mais les chiffres sont incomplets jusqu'à 1733. L'hypothèse d'une fabrication annuelle moyenne de 200.000 piastres a été adoptée dans plusieurs rapports au congrès mexicain.

Quantités d'or et d'argent monnayés au Mexique de 1690 à 1865.
Valeur en piastres.

ANNÉES.	ARGENT.	OR.	TOTAL.
1690	5.285.581	50.000	5.335.581
1691	6.213.709	50.000	6.263.709
1692	5.352.729	50.000	5.402.729
1693	2.802 378	50.000	2.852.378
1694	5.840.529	214.610	6.055.139
1695	4.001.293	299.200	4.300 493
1696	3.190.618	200.000	3.390.618
1697	4.459.947	200 000	4.659.947
1698	3.319.765	200.000	3 519.765
1699	3.504.787	200 000	3.704.787
1700	3.379.122	200 000	3.579.122
1701	4.019.093	200.000	4.219.093
1702	5.022.650	200.000	5.222 650
1703	6.076.254	200.000	6.276 254
1704	5.527.027	200.000	6.027.827
1705	4.747.175	200.000	4.947.175
1706	6.172.037	200.000	6.362 037
1707	5.735.029	200 000	5.935.029
1708	5.737.610	200.000	5.937.610
1709	5.214.143	200.000	5.414.143
1710	6.710.587	200.000	6,910.587
1711	5.666,085	200.000	8.866.085
1712	6.663.425	200.000	6.863.425
1713	6.487.872	200 000	6.687.872
1714	6.220 822	200.000	6.420.822
1715	6.368.918	200.000	6.568.918
1716	6.527.738	200.000	6.727.738
1717	6 750.734	200.000	6.950.734
1718	7.173.590	200.000	7.373.590
1719	7.258 706	200.000	7.458.706
1720	7.874 342	200 000	8.074.342
1721	9.460.734	200 000	9.960.734
1722	8.823.932	200.000	9.023.932
1723	8.107.348	200.000	8.307.348
1724	7.872.822	200.000	8.072.822
1725	7.369.815	200 000	7.569.815
1726	8.466.146	200 000	8.606.146
1727	8.133.088	200.000	8.333 088
1728	9.228.545	200.000	9.428.545
1729	8.814.970	200.000	8.014.970
1730	9.745.870	200.000	9.945.870
1731	8.4[illegible]9 871	200 000	9.633.871
1732	8.726.465	200.000	8.926.465
1733	10.024.193	151.702	10.175 895
1734	8.572.782	385.878	8.908 660
1735	7.937.259	422.576	8.359.835
1736	11.033.511	787.556	11.821.067
1737	8.209 685	313.870	8 523.555
1738	9.502.205	468.802	9.971.007
1739	8.694.108	311.148	9.005 256
1740	9.589.268	316.770	9 906.038
1741	8.655.415	606.264	9.261.679
1742	8.235.390	625.836	8.861.226
1743	8.636 013	804.846	9.410.859
1744	10.303.735	816.380	11.123.115
1745	10.428.354	509.818	10 938.172
1746	11.524.179	428.356	11.952.535
1747	12.083.668	370.842	12.454.510

ANNÉES.	ARGENT.	OR.	TOTAL.
1748	11.644.788	327.582	11.972.370
1749	11.898.590	315.756	12 214.346
1750	13.228.030	476.294	13.704.324
1751	12 657.275	255.592	12.912.867
1752	13.701 532	267.724	13 969.256
1753	11.607.974	452.404	12.060.378
1754	11.608.024	309.974	11.917.998
1755	12.606 339	418.696	13.025 035
1756	13.336.732	759.796	14.096.528
1757	12.550.035	555.486	13.105.521
1758	12.773.187	173.080	12.946.267
1759	13.031.336	450.322	13.481.658
1760	11.975.346	465.702	12.441 048
1761	11.789.389	676 580	12.465.969
1762	10.118.689	495.036	10.613.725
1763	11.780.563	861.104	12.641 667
1764	9.796.522	553 406	10.849.928
1765	11.609.496	788.428	12.397.924
1766	11.223.986	524.312	11.748.298
1767	10.455.284	599.214	11.054.498
1768	12.326.499	933.352	13.259 851
1769	11.985.427	497.770	12.483.197
1770	13 980.816	606.494	14.587.310
1771	12.852.166	501.266	13.353 432
1772	17.036.345	1.853.440	18.889.785
1773	19.005.007	1.232 318	20.237.325
1774	12.938.060	728.894	13.666.954
1775	14.298 093	734.100	15.032.193
1776	16.518.935	796.602	17.315.537
1777	20.705.591	819.214	21.524 805
1778	19.911.460	818.298	20.729.758
1779	18.759.841	675.616	19.435.457
1780	17.006.909	507 354	17.514.263
1781	19.710.334	625.508	20.335.842
1782	17.180 388	400.102	17.580.490
1783	23.105.799	610.858	23.716.657
1784	20.492.432	544.942	21.037.374
1785	18.002.956	572.272	18.575.208
1786	16.868.614	388 490	17.257.104
1787	15.505.324	605 016	16.110.340
1788	19.540.902	605.464	20.146.366
1789	20.594.875	535.036	21.219.911
1790	17 435.644	628 044	18.063.688
1791	20.140.937	980.776	21.121.713
1792	23.225.611	960.430	24.186.041
1793	23.428.680	881.262	23.312.942
1794	21.216.871	794.160	22.011.031
1795	23.918.929	644.552	24.593.481
1796	24.346.853	1.977.794	25.644.627
1797	24 041.182	1.038.856	25.080.038
1798	23 004.981	999.608	24.004.589
1799	21.096.031	957 094	22.053.125
1800	17.898.510	787 164	18.685.674
1801	15.958 044	610.398	16.568.442
1802	17.959.477	839.122	18.798.599
1803	22.520.856	646.050	23.166.906
1804	26.130.971	659.030	27.090.001
1805	25.806 074	1.359 814	27.165.888
1806	23 383.672	1.352.348	24.736 020
1807	20.703.984	1.512.266	22.216 250
1808	20.502.433	1.182.516	21.684.949
1809	24.708.164	1.464.818	26.172.982
1810	17.950.684	1.095.504	19.046.188

ANNÉES.	ARGENT.	OR.	TOTAL.
1811	11.439.453	1.085.364	12.524.817
1812	9.195.777	381.646	9.577.423
1813	10.154.461	61.581	10.216.042
1814	12.609.907	618.069	13.227.976
1815	8.390.336	486.464	8.876.800
1816	10.058.414	960.393	11.018.807
1817	10.737.756	854.942	11.592.698
1818	12.241.086	533.921	12.775.007
1819	13.588.386	539.377	14.127.763
1820	11.192.185	509.076	11.701.261
1821	9.098.037	303.504	9.401.541
1822	9.602.390	214.128	9.816.518
1823	7.973.176	343.264	8.316.440
1824	8.775.666	318.192	9.093.858
1825	7.532.914	2.031.023	9.563.937
1826	8.304.727	586.578	8.891.305
1827	9 986.385	403.651	10.390.036
1828	10.892.255	420.634	11.312.889
1829	9.688.857	326 936	10.015.793
1830	11.181.339	548.580	11.729.919
1831	9.404.332	373.986	9.778.318
1832	11.567.706	641.686	12.209.392
1833	12.276.204	355.976	12.632.180
1834	12.532.147	421.059	12.953.206
1835	11.439.638	361.946	11.801.584
1836	11.102.692	419.834	11.522.526
1837	11.073.843	396.638	11.470.481
1838	12 577.282	506.984	13.084.266
1839	11.906.850	618.232	12.525.082
1840	12.393.270	769.295	13.162.565
1841	12.750.026	793.996	13.544.022
1842	12.983.423	981.586	13.965.009
1843	11.524.391	624.738	12.149.129
1844	13.065.452	667.406	13.732.858
1845	13.984.405	1.252.310	15.236.715
1846	13.782.638	1.433.813	15.216.451
1847	15.839.849	1.216.264	17.056.113
1848	18.078.259	1.125.428	19.203.687
1849	17.960.246	1.426.313	19.386.559
1850	17.681.837	1.708.099	19.389.936
1851	16.251.673	1.230.268	17.481.941
1852	16.898.703	1.291.809	18.190.512
1853	15.811.447	1.217.472	17.028.919
1854	16.284.534	965.412	17.249 946
1855	16.628.253	956.222	17.584 475
1856	18.208.991	995.813	19.204.804
1857	16.584.436	828.526	17.412.962
1858	14.983.827	596.063	15.579.890
1859	15.156.185	832.372	15.988.557
1860	13.717.173	574.634	14.291.807
1861	15.437.620	921.068	16.358.688
1862	16.136.675	767 517	16.904.192
1863	16.771.897	868.777	17.640.674
1864	16.252.608	819.906	17.072.514
1865	13.984.596	832.198	14.816.794
Totaux. . . .	2.194.978.639	103.071.903	2.298.050.542

Pour mettre en évidence les mouvements de cette production des métaux précieux au Mexique et les causes qui ont pu les produire, on peut construire les courbes qui don-

nent les nombres qui précèdent, en prenant les années pour abscisses, les quantités produites pour ordonnées, et rechercher en même temps les faits qui, dans l'histoire du pays, coïncident avec ses variations principales. (V. Pl. IV).

Les premières mines exploitées par les Espagnols, après leur entrée à Mexico (1520), furent celles de Tasco, Real del Monte et Anganguo. La production, limitée d'abord à ces districts, voisins de la capitale, grandit ensuite à mesure que la conquête et la civilisation s'étendirent à de nouveaux territoires. Ce mouvement progressif est accusé sur la courbe jusque vers le milieu du XVIIIe siècle. A cette époque, 1753-1763, la progression cessa et la production sembla même décroître. La vente du mercure était alors aux mains de la couronne d'Espagne, qui la gardait comme un précieux privilége. Les produits espagnols étaient aussi les seuls admis au Mexique, le port de la Vera-Cruz rigoureusement fermé au commerce des autres nations. L'industrie minérale ne devait donc pas seulement payer le mercure et le reste de son outillage à un prix très-élevé, mais elle en manquait encore le plus souvent; tout progrès était devenu impossible. Les plaintes étaient générales et sans cesse renouvelées; d'ailleurs, le produit des redevances perçues sur les mines était stationnaire et menaçait de décroître; la cour de Madrid se décida à des mesures plus libérales. Le monopole des galions et des flottes royales fut aboli et le prix du mercure successivement abaissé de 82 à 62, puis à 42 piastres le quintal (1767-1776).

On voit sur la courbe de la production quels furent les effets de ces mesures. L'extraction de l'or et de l'argent grandit rapidement; en moins de cinquante ans, elle avait monté de 11 à 27 millions de piastres, lorsque commencèrent les agitations, et bientôt après les guerres de l'Indépendance (1810).

En moins de deux ans, on voit la production revenir plus d'un siècle en arrière.

L'émigration volontaire d'abord et bientôt après obligatoire de toutes les familles espagnoles qui étaient propriétaires des plus grandes entreprises, l'envoi au dehors de tous les capitaux disponibles, les contributions de guerre et l'enrôlement forcé de la population ouvrière dans les armées de la république nouvelle portèrent partout la ruine. Real del Monte, jadis si prospère, ne comptait plus que quelques masures d'Indiens, les mines si belles de Valenciana à Guanajuato avaient été envahies par des bandes armées, et leurs grands manéges d'épuisement incendiés; Vetagrande de Zacatecas était inondée, et le Fresnillo abandonné, l'industrie minérale était ainsi, sur toute l'étendue du pays, menacée d'une ruine complète lorsque le congrès s'efforça de venir à son aide.

Par diverses mesures législatives de 1821-1823, les impôts établis sur l'or et l'argent furent réduits à une redevance unique de 3 p. 100; la condition d'origine espagnole, jusqu'alors nécessaire pour obtenir une concession de filon ou d'argent, fut supprimée; les étrangers furent admis à la possession des mines, et les matières premières nécessaires à l'industrie minérale à peu près exemptes d'impôts.

La conséquence la plus importante de ces mesures fut d'attirer au Mexique de nombreuses compagnies étrangères, anglaises pour le plus grand nombre, qui consacrèrent à la reprise des anciennes mines du pays un capital de plus de 150 millions de francs.

La production se releva, mais avec lenteur, car le haut prix du mercure pesait alors lourdement sur les usines, empêchant l'exploitation des minerais pauvres, les seuls capables, par leur grande abondance, d'une production d'argent considérable. Depuis, ces mesures libérales de 1862 ont été en partie rapportées; les impôts sur l'argent ont été rétablis et augmentés; le mercure, tout en baissant de prix, est encore de moitié plus cher qu'à la fin de la domination espagnole, et le pays, un moment pacifié par l'auto-

rité d'un homme énergique, est tombé dans une anarchie profonde; le mouvement progressif qui avait commencé en 1823 s'est arrêté, et l'industrie est revenue au temps de ses plus grandes souffrances.

Ce passé des mines mexicaines se partage, comme on le voit, en deux périodes où se manifeste nettement l'influence de l'état social du pays.

Pendant la première, sous la domination espagnole, la production de l'argent a toujours suivi un mouvement ascendant, sans qu'une exploitation prolongée pendant plus de trois siècles ait pu mettre en évidence un signe certain de l'épuisement des mines.

Pendant la seconde, sous le régime du gouvernement indigène, l'industrie minérale, soutenue par de grands capitaux venus de l'étranger, a fait de vains efforts pour lutter contre le désordre social qui s'est emparé du pays; elle n'a pu retrouver sa prospérité passée.

Les mêmes ressources d'autrefois existent encore dans les mines, le mercure n'est plus en monopole, et le Mexique est en relations faciles avec le reste des nations; aussi nul doute que la production des métaux précieux ne prît en ce pays un rapide essor, s'il pouvait être délivré des guerres civiles qui le désolent depuis son indépendance.

LÉGENDE EXPLICATIVE DES PLANCHES.

PLANCHE I.

Fig. 7, 8. Relations des filons d'argent et des trachytes, à Zacatecas.
T. *Bufa*. Pointement trachytique ayant surélevé, vers le nord, le terrain métallifère, et ayant dévié le filon d'argent, la Cantera, A
T. *Mesa*. Massif et plateau trachytique, arrêtant, vers le sud, le terrain métallifère, et coupant les filons d'argent.

Fig. 9... Relations des filons d'argent et des diorites, au Fresnillo.
D, diorites avec veines quartzeuses contemporaines et argentifères.
C', couches calcaires, sans fossiles, traversées par les filons d'argent.

Fig. 10. . Age des filons d'argent, à Catorce.
D, grands filons de porphyre magnésien, recoupant des couches calcaires avec fossiles du Jura supérieur; montagne *Bariga de Plata*.
f, filons de minerais d'argent, traversant les filons précédents.

PLANCHE II.

Fig. 1, 2. Pulvérisation, à sec, des minerais. — Bocard mis en mouvement par les mules. — Élévation et coupe.

Fig. 3, 4. Porphyrisation exacte des minerais en présence de l'eau. — Moulins de porphyrisation mis en mouvement par deux mules.

Fig. 5, 6. Planillo, ou aire de lavage, en terre, formée de plans successifs d'inclinaison décroissante, pour l'enrichissement des minerais.

Fig. 7... Profil horizontal d'une corne de bœuf, façonnée pour l'essai des minerais en amalgamation sur le *patio*.

Fig. 8, 9, 10. Cuves de lavage pour séparer les minerais, de l'amalgame d'argent; avec le manège à mules M, N, P, établi au-dessus des cuves.

Fig. 11. . Appareil pour séparer le mercure de l'amalgame d'argent obtenu. La cloche de bronze P est manœuvrée avec un treuil et des poulies, non représentés sur la figure.

PLANCHE III.

Fig. 1, 2. Four à sole de cendres ou de marnes argileuses, pour la fusion des barres d'argent.

Fig. 3, 4. Petit foyer où l'on fond l'argent à l'aide d'une grille circulaire placée sur une cavité hémisphérique en cendres de coupelle, et sous le vent d'un simple soufflet de forge.

Fig. 5, 6. Aire conique de lavage, en terre, briques ou madriers, sur laquelle on lave les résidus du traitement, par une pluie d'eau très-fine, que distribue le tonneau T, tournant sur le pivot *g*.

Fig. 7... Chaudron ou *cazo* sur le foyer F, pour l'amalgamation des minerais non sulfurés de l'argent.
B, blocs de cuivre en mouvement sur le fond A du *cazo*.
M, piste de la mule motrice.

Fig. 8, 9. Réverbère usité pour la chloruration au rouge, par la méthode saxonne.

Fig. 10, 11, 12, 13. Tonnes d'amalgamation, par groupes de deux ou de trois, mises en mouvement par la traction directe des mules.

PLANCHE IV.

Fig. 1... Variations de la production des métaux précieux au Mexique. Influences des mesures administratives et des régimes politiques qui se sont succédé dans ce pays.

PLANCHE V.

Fig. 1... Distribution générale des mines d'argent sur le plateau de la Cordillère centrale, au Mexique. Les frontières des terrains métallifères s'orientent de N. 42° O., à N. 45° O. (nord vrai); l'altitude des champs de fracture les plus riches en argent est supérieure à 2,000 mètres.

NOTE

SUR LES GÎTES BITUMINEUX DU PUNJAB.

Traduite, par extrait, d'un rapport de M. B. S. Lyman,
Par M. VITAL, élève-ingénieur des mines (*).

Aperçu géographique de la contrée. — On désigne sous le nom de Punjab oil lands un district renfermant des gîtes d'huile, de goudron et d'asphalte situés dans l'Inde anglaise, entre 32° 21′ et 33° 47′ latitude nord, 71° 22′ et 73° 9′ longitude est du méridien de Greenwich. Ces gîtes affleurent au sud des monts Himalaya, au milieu de deux steppes immenses disposées en gradins et séparées par le massif du Salt Range dont les sommets s'élèvent à 1,600 mètres au-dessus du niveau de la mer. L'altitude moyenne de la steppe méridionale est de 250 mètres et celle de la steppe septentrionale varie de 400 mètres, région du sud, à 600 mètres, région du nord-est. Ces deux vastes plaines sont découpées par les vallées profondes du bassin de l'Indus et sillonnées dans plusieurs directions par des chaînes de montagnes élevées.

Aperçu géologique, Pl. V, *fig.* 2.—Les terrains du trias et le calcaire de montagne apparaissent sur les hauteurs du Salt Range; ils séparent les dépôts tertiaires qui naissent au pied des masses éruptives de l'Himalaya du vaste bassin quaternaire qui s'étend jusqu'aux rivages de la mer d'Oman. Les

(*) Cette note est extraite en grande partie du « General report on the *Punjab oil lands*, by Benjamin Smith Lyman mining engineer, public works dept. of the Government of India. » Les autres ouvrages consultés sont : l'esquisse de la carte géologique de l'Inde par Greenough, et l'atlas impérial de Phillip pour la description géographique et géologique de la contrée.

couches sont généralement inclinées et leur plongement, souvent égal à 70 degrés, s'abaisse rarement au-dessous de 45. Elles présentent des plissements nombreux, parfois considérables, dont les directions se groupent autour d'un nombre restreint d'alignements, N.-E. — S.-O. dans l'est; E.-O. dans le centre; S.-E. — N.-O. et N.-S. dans l'ouest; E.-O. et N.-E. — S.-O. dans le nord-ouest. Ces orientations se retrouvent dans les accidents géographiques de la contrée et au delà des limites même de l'Hindoustan : la côte du Béloutchistan semble parallèle aux chaînes E.-O des monts Windhya, celles du sud de l'Arabie aux vallées N.-E. — S.-O. de l'Indus et les monts Soliman aux vallées N.-N.-E. — S.-S.-O. de ce même bassin.

Monographie des gîtes. — Dix-sept gîtes bitumineux affleurent au milieu de cette vaste région sédimentaire. Ils ont été étudiés par M. Lyman, et son rapport permet de faire en peu de mots leur description sommaire.

Gîte de Burra Kutta. — La steppe septentrionale du Punjab est reliée par une série de collines peu élevées aux deux grandes lignes de faîtes, N.-O. — S.-E. du massif occidental du Salt Range. Ces deux chaînes de montagnes, à sommets arrondis, dominent l'une le S.-E., l'autre le N.-O. et viennent mourir de part et d'autre du gîte à une courte distance de son affleurement. Dans les vallées du voisinage apparaissent des couches de sédiment de nature diverse, qui semblent avoir été soulevées suivant trois alignements voisins et parallèles N.-O. — S.-E. Cette contrée est riche en sources sulfureuses et bitumineuses. L'huile suinte d'une crevasse de 30 mètres environ ouverte dans une couche calcaire qui affleure sur les bords du Burra Kutta, au pied d'un contrefort escarpé des montagnes du nord-ouest. La source principale émerge 30 mètres à peu près au-dessous du sommet de la couche dans un bassin de 2 mètres de long sur $0^{m},40$ de large. Les autres sources sont bien moins importantes et la production totale du gîte est d'environ $1^{lit}.70$ par jour;

il est d'ailleurs complétement submergé dans la saison des pluies.

Gîte de Gunda. — Le gîte de Gunda affleure au pied d'un pli de terrain qui vient mourir au milieu d'une petite plaine de la steppe septentrionale du Punjab. A l'est, le sol s'élève en pente douce ; sur les autres côtés, quelques collines à sommets arrondis s'élèvent de 5 à 15 mètres au-dessus du niveau de l'affleurement. Des terrains de sédiment de nature diverse, plissés parallèlement à deux directions principales N. 80° E. et N. 60° E. apparaissent à la surface du sol, et sont recouverts par place par des couches horizontales de calcaire et poudingues d'alluvion. En 1866, M. Fenner fit creuser, au voisinage d'une source d'huile et non loin d'un dépôt d'asphalte, sept à huit fosses de recherche de 5 mètres de profondeur alignées N.-E.—S.-O. sur une longueur d'environ 110 mètres. La plupart se trouvèrent stériles et furent abandonnées ; la fosse n° 1, foncée sur l'emplacement même de la source, donna seule des résultats satisfaisants, et fut dès lors seule exploitée. Un dépôt bitumineux se formait chaque jour dans le fond de la fosse ; chaque matin l'huile était recueillie et la production moyenne était de 26 litres par jour.

En 1869, la profondeur de la fosse fut portée à 12 mètres, et la production journalière s'éleva à 110 litres. Fin mars 1870, elle était retombée à 22 litres ; la récolte d'huile ne fut plus qu'hebdomadaire, et produisit en moyenne 135 litres. Du 8 avril au 27 mai, un puits fut foncé dans le fond de la fosse jusqu'à 25 mètres au-dessous de la surface ; le 28 mai, la production journalière atteignit 225 litres, mais diminua bientôt après rapidement. La première semaine de juin, la production hebdomadaire du gîte avait été de 820 litres ; elle ne fut plus que de 363, la quatrième semaine. Le 28 juin un éboulement se produisit dans le puits, et le mois de juillet fut consacré à des réparations. Le 9 août l'exploitation fut reprise : une pompe installée

à poste fixe dans le puits épuisait à de courts intervalles les eaux stagnantes du puisard, et la production de la première semaine fut de 570 litres; la deuxième elle retombait à 430, et depuis lors elle a été en décroissant d'une manière continue; la dernière semaine d'octobre elle n'était plus que de 267 litres. Dans quelques mois le gîte sera probablement épuisé après une production totale ultérieure d'environ 1360 litres. Du 8 avril au 9 octobre, les frais d'exploitation du gîte, fosse et puits n° 1, se sont élevés à 32.160 francs, et la production a été de 9.100 litres. Les frais ont été largement couverts, et de nouveaux travaux de recherche ont été entrepris; mais ils n'ont pas encore donné des résultats satisfaisants.

Autres gîtes. — Tous les autres gîtes bitumineux du Punjab sont situés au pied et à l'extrémité de quelque pli de terrain plus ou moins élevé, le plus souvent sur les bords même du torrent principal de la montagne, ou du cours d'eau le plus important qui traverse la plaine. A Rutta Otoor, Punnoba et Chhota Kutta, ils affleurent dans des calcaires plus ou moins disloqués, partout ailleurs dans des couches non moins bouleversées de grès et de marnes sablonneuses. Au voisinage de l'affleurement, la roche est imprégnée de bitume, l'huile sort de ses fissures et l'asphalte remplit ses crevasses; mais à une courte distance elle semble bientôt devenir complétement stérile. Par les fortes chaleurs, les dépôts d'asphalte laissent suinter des filets d'huile et de goudron, et ces gîtes ne sont probablement que les témoins superficiels de sources souterraines aujourd'hui obstruées. L'huile est généralement mêlée à de l'eau plus ou moins impure, parfois sulfureuse comme à Chhota et Burra Kutta, parfois salée comme à Punnoba, Chhurrut et Boraree; à sa sortie du rocher, elle est toujours brun verdâtre, mais elle noircit rapidement à l'air, et en se desséchant donne naissance à des dépôts de goudron et d'asphalte; elle a probablement la même

origine que les hydrogènes carbonés qui s'échappent en bulles multiples du fond de quelques fosses de recherches abandonnées.

Affleurements connus et leurs produits. — Le tableau suivant résume les données actuelles sur les gîtes dont les affleurements ont été reconnus ; quelques-uns d'entre eux ont seuls jusqu'ici donné lieu à quelque tentative d'exploitation.

NOMS des gîtes.	SITUATION APPROXIMATIVE des gîtes par rapport à Rawul-Pindee. { Latitude N. 33° 43'. Longitude E. 73° 6'. Évaluée en miles de 1.609 mètres.	Évaluation des masses d'asphalte en mètres cubes.	Évaluation des dépôts de goudron en litres.	Production journalière actuelle des gîtes d'huile en litres.	Prix de transport à Pindee du litre d'huile en francs.	Autres substances.
		m. cub.	litres.	litres.	francs.	
Rutta-Otoor	16 miles quelques degrés E. du N.	0,250	»	0,284	0,09	
Cheerpar	8 miles S.-O.	traces	»	traces	»	
Bussala	10 miles quelques degrés O. du S.-O.	»	»	0,142	0,09	
Loondeegar	14 miles S.-O.	760,00	»	traces	0,10	
Chhota Kutta	59 miles quelques degrés O. du S.-O.	»	»	3,408	0,68	(1)
Burra-Kutta	60 miles S.-O.	»	»	1,701	0,68	(2)
Dooma	77 miles quelques degrés S. du S.-O.	»	traces	»	»	
Hungooch	81 miles quelques degrés S. du S.-O.	»	traces	»	»	
Chinnoor	83 miles S.-O.	»	traces	»	»	
Sadeealee	90 miles S.-O.	»	traces	»	»	
Aluggud	124 miles quelques degrés O. du S.-O.	262,00	454,345	traces	0,81	
Gunda	23 miles O.	11,250	»	49,973	0,23	
Boraree	28 1/2 miles O.	4,518	»	traces	»	
Chhurrut	28 miles O.	11,250	»	traces	»	(3)
Jafir	29 miles O.	»	»	»	»	
Dulla	38 1/2 miles O.	0,376	traces	»	»	(4)
Punnoba	67 miles O.	0,756	traces	2,272	»	(5)
Loonekee-Kussee	District de Kohat.	»	»	»	»	(6)

(1) Sources sulfureuses.
(2) Sources sulfureuses.
(3) Traces de sel. Hydrogènes carbonés.
(4) Traces de sel.
(5) Marnes salifères — Couches imprégnées de soufre et de gypse en cristaux. — Sources salées.
(6) Couches imprégnées de soufre. — Couches de gypse.

Notes. — A. L'huile est transportée par sentier ou route carrossable au moyen de chameaux qui se louent par tête et par mois 35f,60. Telle bête peut faire 20 kilomètres par jour en portant 225 litres d'huile.

B. Les gîtes ont été groupés dans la *fig.* 5, en suivant autant que possible les indications du mémoire de M. Lyman. La position de quelques-uns offre une grande incertitude et cette figure est un simple diagramme approximatif.

Alignements des gîtes. — Les gîtes du Punjab semblent se grouper parallèlement aux Monts Windhya et aux vallées du bassin de l'Indus, au voisinage de deux alignements qui se coupent non loin du massif montagneux de

Cheerpar. Placés en partie au point d'intersection de deux directions géologiques, ils présentent des analogies frappantes avec les sources thermales de nos contrées.

Situation économique. — Dans le cas où des travaux réguliers d'exploration, par sondages, conduiraient à une production soutenue, la situation des gîtes à peu de distance de Rawul-Pindee assurerait aux huiles un bon débouché. Le marché de Pindee est alimenté par les huiles d'Amérique, et consomme par jour plus de 400 litres d'huile raffinée. Les travaux faits par M. Fenner, à Gunda, ont donné de l'huile brute revenant à environ 3f.60 le litre. Il est probable que le litre d'huile raffinée reviendrait sur place à 7f.30; c'est-à-dire à un prix inférieur de plus de moitié à celui de l'huile actuellement importée à Rawul-Pindee.

LÉGENDE.

Fig. 2. Esquisse géologique du district bitumineux d'après la carte de M. Greenough.

- A Granite.
- B Roches amphiboliques.
- C Calcaire de montagne.
- D Trias.
- E Terrains tertiaires.
- F Terrains quaternaires.

Fig. 3. Diagramme donnant la section probable S.-S.-O.—N.-N.-E. des terrains de sédiment aux environs de Burra-Kutta. Échelle 1/[illegible].
La section AB passe par la source principale.

- G Grès verdâtres avec marnes rouges et poudingues intercalés, supérieurs à la couche minérale. . . . . 1.750 pieds.
- B Couche de calcaire bleu renfermant l'affleurement bitumineux. . . . . } 250 pieds.
- C Calcaire bleu et marnes inférieurs à la couche minérale. . }

Fig. 4. Diagramme donnant la section probable N.-N.-O.—S.-S.-E. des terrains de sédiment aux environs de Gunda. Échelle 1/[illegible].

G Grès et marnes supérieurs à la couche bitumineuse, 190 pieds.
B Couche à bitume, grès à grains fins ou marnes sablonneuses, 20 pieds.
C Calcaires gris avec marnes intercalées, inférieurs à la couche minérale, 250 pieds.

Fig. 5. Diagramme donnant les alignements approximatifs des gîtes. Échelle 1 millimètre par mile (1.609 mètres).

— — — — — Alignements E.-O.—Système des monts Windhya.
——.——.——. Alignements S.-O.—N.-E. . . . } Systèmes des vallées de l'Indus.
. . . . Alignements S.-S.-O.—N.-N.-E. }

NOTE

SUR L'USAGE DE LA CHAUX VIVE DANS LES HAUTS FOURNEAUX ET L'EMPLOI DU FOUR ANNULAIRE HOFFMANN POUR SA PRÉPARATION.

Par M. L. GRUNER,
Professeur de Métallurgie à l'École des Mines.

L'usage de la chaux vive, au lieu de calcaire, n'est pas nouveau dans les hauts fourneaux. Nous en avons cité plusieurs exemples, M. Lan et moi, dans nos mémoires *sur l'état présent de la métallurgie du fer en Angleterre* (p. 172).

Dès 1850 à 1855, on s'en est servi à Königshütte en Silésie, à Ougrée en Belgique, et dans plusieurs usines anglaises. Aujourd'hui encore on charge de la chaux vive dans quelques hauts fourneaux du nord de l'Angleterre, à Wear et à Clarence-Works.

Toutefois l'emploi de la chaux vive s'est peu répandu dans les usines à fer. L'économie constatée est faible, sinon négative, dès que l'on attribue une certaine valeur au combustible (*escarbilles*), brûlé pour la cuisson du calcaire. Or ce résultat, il est facile de le montrer, provient, en partie, des circonstances défavorables dans lesquelles les essais ont été faits. On ne s'est pas assez préoccupé des conditions à réaliser pour rendre l'usage de la chaux vive réellement utile ; et pourtant ces conditions sont simples ; elles se réduisent, en deux mots, aux suivantes :

Préparer la chaux vive d'une façon économique ;

Éviter que la chaux ne reprenne, dans le haut fourneau, de l'acide carbonique ou de l'eau.

La première condition peut être réalisée aujourd'hui à l'aide du four *annulaire* Hoffmann. Cet ingénieux appareil devrait même être employé, dans les usines à fer, non-seulement pour cette préparation de la chaux vive, mais encore pour la calcination des minerais hydratés et carbonatés et pour la cuisson des briques réfractaires.

Quant à la deuxième condition, s'il n'est pas possible d'éviter entièrement la réabsorption momentanée de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau, on peut du moins la réduire à de moindres proportions et rendre la cuisson préalable du calcaire plus efficace.

Le but de la présente notice est de montrer la portée de ces deux conditions ; de faire connaître, d'une part, le principe et les avantages du four annulaire ; de l'autre, le mode d'action de la chaux vive dans les hauts fourneaux. Commençons par cette dernière étude, et comparons les effets calorifiques et chimiques de la cuisson du calcaire, dans le haut fourneau même, à cette opération, faite au dehors, dans un four spécial.

I. — Emploi de la chaux vive.

D'après MM. Favre et Silbermann, la chaleur absorbée par la décomposition du carbonate de chaux, en chaux vive et acide carbonique, est de 373$^{cal.}$,5 par unité de poids du carbonate.

Or, dans les fours à chaux ordinaires, et surtout dans le four annulaire, le combustible, que je suppose être du carbone pur, est entièrement transformé en acide carbonique ; il développera, par suite, 8.080 calories ; et, d'après cela, pour décomposer 100 kilogrammes de carbonate de chaux, il suffira de brûler

$$\frac{37.350}{8.080} = 4^{k},6 \text{ de carbone pur.}$$

Dans les hauts fourneaux, par contre, le carbone est transformé en oxyde de carbone, et ne dégage par kilogramme que 2.473 calories. Il faudra donc, pour produire le même effet, brûler

$$\frac{37.350}{2.473} = 15^{k},1 \text{ de carbone pur.}$$

Il faut ajouter, dans les deux cas, la chaleur sensible qu'emporte l'acide carbonique au sortir des fourneaux. Supposons, de part et d'autre, la température des gaz de 300 degrés, tandis qu'en réalité elle est moindre au four annulaire qu'au haut fourneau.

Pour 100 kilogrammes de carbonate de chaux, nous aurons 44 kilogrammes d'acide carbonique, qui emporteront

$$300 \times 44 \times 0,22 = 2.904 \text{ calories (*),}$$

et réclameront au four à chaux

$$\frac{2.904}{8.080} = 0^{k},36 \text{ de carbone;}$$

lorsqu'au haut fourneau, on consommera, pour produire le même effet,

$$\frac{2.904}{2.473} = 1^{k},17 \text{ de carbone.}$$

Nous aurons donc pour les deux effets réunis, décomposition du carbonate et chauffage de l'acide carbonique,

$4^{k},96$ de carbone au four à chaux;
$16^{k},27$ de carbone au haut fourneau.

On peut négliger, dans cette comparaison, la chaleur prise par la chaux vive, parce que, dans les fours à chaux, elle est à peu près nulle. Avant de quitter le four, la pierre

(*) 0,22 est la chaleur spécifique de l'acide carbonique.

cuite cède, en effet, la plus grande partie de sa chaleur sensible à l'air aspiré, qui sert à la combustion dans les régions plus hautes.

Admettons maintenant, ce qui est le cas ordinaire dans les hauts fourneaux marchant au coke, que la consommation soit de 600 kilogrammes de castine par tonne de fonte. Nous aurons alors, pour ce chef, lorsque la cuisson de la castine se fait à part, une consommation en carbone pur de

$$6 \times 4^k,96 = 29^k,76,$$

et, lorsqu'elle se fait au haut fourneau lui-même, de

$$6 \times 16^k,27 = 97^k,62.$$

Mais l'emploi du carbonate brut peut encore accroître la consommation d'une façon indirecte. On sait que l'acide carbonique, provenant soit de la réduction du minerai, soit de la décomposition du carbonate de chaux, est de nouveau partiellement ramené en oxyde de carbone, par l'action réductrice qu'exerce sur lui le carbone incandescent. Or, il résulte de la composition moyenne des gaz des hauts fourneaux, que, dans l'allure normale, le *tiers* à peu près de l'acide carbonique total se trouve ainsi ramené à l'état de CO.

Il peut même arriver, par suite d'une marche trop rapide, ou d'un simple dérangement, que la proportion de CO^2, reconverti en CO, s'élève jusqu'à la moitié de la dose primitive. Mais admettons le tiers, pour ne pas exagérer les avantages de la cuisson préalable. Observons encore que cette décomposition de l'acide carbonique a surtout lieu dans les parties basses (extra-chaudes) des hauts fourneaux, là où s'achève la réduction de l'oxyde de fer, tandis que la décomposition du carbonate de chaux, d'après les recherches d'Ebelmen, se fait plutôt dans les zones supérieures ou moyennes des fourneaux. C'est donc plutôt l'a-

cide carbonique, provenant de la réduction du minerai, que celui du carbonate de chaux, qui se transforme en CO au contact du coke incandescent. Néanmoins, il me paraît probable que le *quart* au moins de l'acide carbonique total de la castine sera ainsi ramené à l'état de CO (*). Admettons cette proportion, que l'on considérera, si l'on veut, comme un minimum, et voyons les conséquences qui en résultent au point de vue calorifique.

Les 44 kilogrammes de CO^2, provenant des 100 kilogrammes de carbonate de chaux, réclament, pour leur transformation en CO,

$$3/11 \times 44^k = 12^k \text{ de carbone pur,}$$

ce qui fait 3 kilogrammes, si nous admettons que le quart seulement subisse cette réduction.

Par tonne de fonte, ou 600 kilogrammes de castine, nous aurons ainsi une nouvelle consommation de :

$$6 \times 3 = 18^k \text{ de carbone pur.}$$

Mais à cela ne se borne pas l'effet de la réduction de l'acide carbonique. Outre la *consommation* de carbone, il y a encore *absorption de chaleur*, perte qu'il faut restituer au haut-fourneau, s'il doit conserver la même allure. Cette perte de chaleur est facile à évaluer :

	calories.
1 kil. de carbone allié à 8/3 kil. d'oxygène fournit 11/3 kil. d'acide carbonique et développe.	8.080
2 kil. de carbone, unis au même poids d'oxygène, produisent 14/3 kil. d'oxyde de carbone en ne dégageant que 2×2.473 = ...	4.946
L'addition d'un kilog. de carbone à 11/3 kil. de CO^2 correspond donc à une perte de chaleur de.	3.134

(*) Il m'est impossible d'admettre, avec M. L. Bell, que la *totalité* de l'acide carbonique de la castine quitte le haut fourneau sous forme de CO. (*Chemical phenomena of iron smelting*, 1871, page 111.)

d'où il suit que la chaleur absorbée par la réduction de chaque kilogramme de CO^2 en CO, sera de

$$3/11 \times 3.134 = 855 \text{ calories},$$

ou, par chaque kilogramme de carbonate de chaux, de

$$0,44 \times 855 = 376 \text{ calories},$$

et, si nous admettons que le *quart* seulement de CO^2 soit transformé en CO, on aura, par chaque kilogramme de castine, une perte de chaleur de

$$\frac{376}{4} = 94 \text{ calories};$$

et, par chaque tonne de fonte,

$$600 \times 94 = 56.400 \text{ calories},$$

dont l'équivalent en carbone, brûlé en oxyde de carbone au niveau des tuyères, sera de

$$\frac{56.400}{2.473} = 22 \text{ kil.}$$

Ajoutant ces 22 kilogrammes de carbone aux 18 kilogrammes précédemment trouvés, nous trouvons ainsi un surcroît de consommation de 40 kilogrammes de carbone par chaque tonne de fonte, dans l'hypothèse que le *quart* seulement de l'acide carbonique de la castine soit ramené à l'état de CO.

En résumé, par tonne de fonte, consommant 600 kilogrammes de castine, on arrive à un excédant de carbone brûlé de

$$97^k,62 + 40 = 137^k,62,$$

lorsque, au lieu de chaux vive, on charge de la castine ; ou plutôt de

$$137,62 - 29,76 = 107^k,86,$$

puisqu'il faut en défalquer le carbone brûlé dans le four à chaux: et remarquons de suite que ce chiffre est en réalité un *minimum*, parce qu'en général plus d'un quart de l'acide carbonique total de la castine se trouvera réduit en CO.

L'emploi de la chaux vive devrait donc amener une diminution d'environ 10 pour 100 sur le poids du combustible brûlé. En réalité, cependant, les avantages réalisés jusqu'à ce jour sont beaucoup plus faibles. M. L. Bell estime l'économie à trois quarts de quintal anglais par tonne de fonte (*), soit 38 kilogrammes de coke sur une consommation totale de 1100 kilogrammes, ce qui fait 3,4 pour 100, c'est-à-dire un tiers seulement de l'économie théorique. Cette différence tient à deux causes : l'incomplète cuisson du calcaire, et surtout la présence de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau dans la région supérieure des hauts fourneaux. La chaux y reprend de l'acide carbonique et de l'eau, qu'il faudra de nouveau expulser dans le bas du four. A la vérité, il semblerait y avoir là une sorte de compensation. Si l'expulsion de l'eau et de l'acide carbonique exige de la chaleur, leur absorption en fournit autant. Seulement, cette chaleur dégagée dans le haut du four ne profite qu'à la température propre des gaz, dont on n'a que faire ; tandis que le refroidissement, dû à l'expulsion de l'acide carbonique et de l'eau, nuit à la réduction du minerai, si on n'y remédie par un accroissement dans le poids du combustible brûlé. Si donc on veut tirer tout le parti possible de la cuisson préalable du calcaire, il faut non-seulement le cuire complétement, mais encore ne charger que du combustible parfaitement sec et du minerai calciné, dont on aura chassé toute l'eau et l'acide carbonique.

Nous venons d'analyser les effets de l'acide carbonique;

(*) Page 168 du mémoire de M. L. Bell sur les *Chemical phenomena of iron smelting*, 1871.

cherchons à apprécier ceux de l'eau. Lorsqu'il s'est formé de l'hydrate de chaux dans la partie supérieure du haut fourneau, la décomposition de cet hydrate peut se faire de deux manières différentes comme celle du carbonate. L'eau se séparera telle quelle, sous forme de vapeur, ou se décomposera elle-même, au contact du carbone, en hydrogène et oxyde de carbone.

Or, comme l'hydrate paraît exiger pour sa décomposition une température plus élevée que le carbonate, on en peut conclure que la vapeur d'eau sera aussi réduite, par le carbone, d'une façon plus complète que l'acide carbonique.

D'après MM. Favre et Silbermann, 1 kil. de chaux vive développe, en s'hydratant, $143^{cal.},9$; ce qui conduit à 109 calories pour la chaleur absorbée par la décomposition de 1 kil. de chaux monohydratée.

Prenons les équivalents rapportés à l'hydrogène. Celui du calcium est représenté par 20; celui de l'hydrate,

$$CaO, HO, \quad \text{par} \quad 28 + 9. = 37.$$

par suite, l'hydrate absorbera, pour sa décomposition,

$$37 \times 109 = 4.033 \text{ calories.}$$

Si nous admettons, de plus, la réduction totale de l'eau, il faudra, pour sa décomposition, la chaleur qui correspond à la combustion d'un équivalent d'hydrogène, moins celle que fournit l'équivalent de carbone, transformé en oxyde de carbone aux dépens de l'oxygène de l'eau.

Soit pour 1 d'hydrogène.	34.467 calories.
Et pour 1 équivalent de carbone. . $6 \times 2.473 =$	14.838 calories.
Reste pour la transformation de HO en H + CO. .	19.629 calories.

et, par suite, pour la décomposition de l'hydrate, en chaux, hydrogène et oxyde de carbone $19.629 + 4.033 = 23.662$

calories. Comparons à ce chiffre celui de la décomposition du carbonate de chaux.

Nous avons, en équivalents. . . . . $\begin{cases} CaO = 28 \\ CO^2 = 22 \end{cases}$

$CaO, CO^2 = 50$

	calories.
Soit, pour la simple décomposition d'un équivalent de carbonate de chaux. . . . . $50 \times 373,5 =$	18.675
Mais si nous admettons, de plus, la réduction *totale* de CO^2 en $2CO$, on aura, par équivalent de carbone, $6 \times 3.134 =$	18.804
Ce qui nous donne pour la transformation totale de CaO, CO^2 en $CaO + 2CO$.	37.479

Il suit de là que la décomposition de l'hydrate exige moins de chaleur que celle du carbonate, dès que l'on admet, de part et d'autre, une égale absorption de carbone solide ; mais, comme le carbone semble agir d'une façon plus énergique sur la vapeur d'eau que sur l'acide carbonique, par suite de la température plus élevée à laquelle l'hydrate cède son eau, il se pourrait qu'en définitive il ne fallut pas moins de carbone pour détruire l'hydrate que le carbonate. En tout cas ce serait un non-sens que de charger de la chaux vive, au lieu de castine, si en même temps on ne prenait toutes les mesures propres à écarter la vapeur d'eau du courant gazeux des hauts fourneaux. A la vérité, il serait tout aussi important de garantir la chaux vive contre l'acide carbonique ; seulement on se trouve là en présence d'une impossibilité matérielle. Il y aura toujours de l'acide carbonique dans les gaz des hauts fourneaux ; et même, on le sait, abstraction faite de l'emploi de la chaux vive, la marche d'un haut fourneau est, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus économique que l'acide carbonique l'emportera davantage, sur l'oxyde de carbone. Toutefois, s'il est impossible de préserver la chaux vive contre cette réaction persistante de l'acide carbonique, on peut du moins l'atténuer, jusqu'à un certain point, en laissant la chaux sous forme de gros fragments, et surtout en

la cuisant très-fortement pour la fritter quelque peu. A ce point de vue, les calcaires légèrement marneux, ou magnésiens, seraient préférables aux chaux tout à fait pures, et le four annulaire fort utile, car il permet à peu de frais, comme nous le verrons, une cuisson énergique et uniforme.

En résumé, à cause de la présence constante de l'acide carbonique, on ne pourra jamais réaliser dans les hauts fourneaux l'économie théorique d'au moins 10 p. 100, que semble promettre, au premier abord, la substitution de la chaux vive au calcaire; mais on pourra du moins s'en approcher d'autant plus, que l'on s'appliquera mieux à préserver la chaux vive contre l'action de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau; il faut donc cuire très-fortement la pierre à chaux, ne pas la réduire en menus fragments, calciner aussi les minerais carbonatés et hydratés, enfin ne jamais charger le coke à l'état humide.

Avant de clore cette première partie de notre étude, observons encore que si de tout temps la calcination préalable des minerais hydratés et carbonatés a présenté des avantages plus sérieux que la calcination de la castine, cela tient uniquement à cette circonstance, que l'oxyde de fer n'a pas la tendance, comme la chaux, à réabsorber l'eau et l'acide carbonique dans le haut-fourneau même.

Après avoir montré l'utilité réelle de l'emploi de la chaux vive, et indiqué, d'autre part, les circonstances qui tendent à limiter ses avantages, il me reste à établir que le four annulaire de M. Hoffmann devrait remplacer, dans toutes les usines à fer, les anciens fours de calcination des minerais et des briques, et recevoir également la préférence sur tous les autres fours employés jusqu'à présent pour la cuisson de la castine.

II. — Description et avantages du four annulaire (*).

L'inventeur du four annulaire a appliqué, à la cuisson des matières pierreuses, le principe adopté depuis longtemps, dans les usines carinthiennes, pour la torréfaction du bois (**). Les gaz chauds, qui opèrent la cuisson, et les matières, qui la subissent, marchent en sens inverse. L'air, pour la combustion, ainsi que les substances qu'il s'agit de cuire, entrent dans le four à la température ordinaire et n'en ressortent qu'après s'être de nouveau refroidis presque entièrement par la cession réciproque de la chaleur absorbée. Par ce moyen, on ne perd en définitive que la chaleur qui passe au travers des murs et celle que retiennent encore les matières solides ou gazeuses, lorsqu'elles quittent le four, à la température de 50 degrés environ.

Pour réaliser ce mode de chauffage, il faut déplacer, soit les matières que l'on veut calciner, soit le foyer, source de chaleur. Dans les appareils de torréfaction des usines carinthiennes le foyer est fixe; on déplace le bois, empilé sur des wagonets, qui cheminent lentement au travers d'une longue galerie voûtée, en sens inverse du courant gazeux chaud. Par contre, dans le four Hoffmann, c'est le foyer qui est mobile et les matériaux qui demeurent fixes.

Voici les détails du système. Au lieu d'un four rectiligne, comme en Carinthie, M. Hoffmann se sert d'un circuit sans fin, sorte de galerie, repliée sur elle-même suivant une courbe symétrique quelconque; c'est un cercle, un ovale, ou même un ensemble composé d'éléments, partie rectilignes, partie courbes. Les *fig.* 1 et 2, Pl. VI représentent, en coupe et en plan, le type primitif, le four annulaire circulaire. La galerie voûtée M est le four proprement dit; les

(*) Le four annulaire est breveté. L'agent de M. Hoffmann en France est M. Bourry, rue Taitbout, 80, Paris.

(**) Mémoire de M. Leplay. *Annales des mines*, 5ᵉ série, tome III.

matériaux à calciner la remplissent dans toute son étendue, sauf une faible zone, variant de position d'un jour à l'autre, où l'on opère en même temps l'enfournement et le défournement. Dans l'état des choses, représenté par la *fig.* 1, l'enfournement se fait en M', le défournement en M''. Chacun de ces deux espaces est pourvu d'une porte ouverte B; au delà, on rencontre une suite de portes identiques, distribuées symétriquement, et à égales distances les unes des autres, sur tout le pourtour de la galerie annulaire; mais ces portes sont toutes murées, à l'exception des deux premières, servant momentanément au chargement des matières à cuire et au déchargement de celles qui sont cuites et entièrement refroidies. Le nombre total des ouvertures varie de douze à quatorze ou seize; elles sont d'autant plus nombreuses que la cuisson doit se faire d'une façon plus graduelle ou à une température plus élevée. Douze à quatorze suffisent en général. Pour la cuisson de la poterie, il y aurait souvent avantage d'en avoir un plus grand nombre. A chaque porte correspond une certaine étendue du circuit entier, sortes de *compartiments*, qui ne sont pourtant séparés les uns des autres que par de faibles contre-forts que présente la maçonnerie vers l'intérieur des galeries, au voisinage des diverses portes. Du mur intérieur de la galerie de cuisson partent les carneaux *nn*, qui se rendent à la cheminée; ils se composent de deux branches, l'une horizontale, l'autre verticale. Les carneaux verticaux débouchent dans une seconde galerie intérieure PP, dite de *fumée*, dont la section est beaucoup plus faible que celle de la galerie de cuisson. Elle communique elle-même par d'autres carneaux à la cheminée unique, située au centre du massif dans les fours circulaires, et plutôt latéralement dans les fourneaux allongés (*fig.* 3 et 4). Les carneaux *nn* sont en égal nombre que les portes BB; chaque compartiment en possède un, mais, sur les douze à seize carneaux, un seul demeure ouvert, les autres sont maintenus fermés à l'aide de cloches

en fonte C, qui viennent se poser sur les extrémités supérieures des parties verticales des carneaux *nn*. Les clapets se manœuvrent à l'aide de tringles verticales fixées au sommet des cloches en question.

Le mur extérieur du four a jusqu'à 1 mètre d'épaisseur. Il est double, ainsi que la fermeture des portes. L'espace vide compris entre deux est rempli de sable, dont le but est de boucher les fissures qui peuvent se former lors de la mise en feu. On en fait autant de tous les vides qui restent entre les massifs, tels que les grands espaces E du four circulaire (*fig.* 1 et 2).

Le four étant ainsi disposé et chargé, je le suppose en feu. Une cloison ou vanne verticale *pp* en tôle, composée de plusieurs grandes plaques superposées, partage la galerie de cuisson en deux. Elle est adossée contre les petits contre-forts ci-dessus mentionnés, et isole la porte ouverte n° 1 du dernier carneau n° 12, le seul non fermé de toute la série. Par la porte n° 1 on remplit le compartiment n° 1 (M'), et par la porte contiguë 2 on défourne le compartiment correspondant 2 (M''). Par ces mêmes portes ouvertes 1 et 2 est aspiré l'air froid pour la combustion; il circule au travers des compartiments 3, 4 et 5, remplis de matériaux déjà cuits; ceux-ci se refroidissent, tandis que l'air s'échauffe à leurs dépens; il arrive très-chaud dans le compartiment 6, rempli de matériaux incandescents. Là commence le foyer, qui occupe en réalité le compartiment 7, et même une partie du compartiment 8. C'est la région où s'opère la combustion, au milieu même des matières à calciner, comme je le dirai dans un instant; c'est le lieu dit du *grand feu;* puis les produits de la combustion achèvent de parcourir le reste de la galerie jusqu'au dernier carneau 12, contigu à la cloison *pp* en tôle. Dans ce trajet, au travers des compartiments 9 à 12, les gaz cèdent graduellement leur chaleur propre aux matières à cuire; celles-ci subissent le *petit* feu dans les zones 10 et 11 et le simple *enfumage* dans le der-

nier compartiment n° 12. Pour la cuisson des briques et surtout des poteries, il faut un *enfumage* très-graduel; la température des gaz, parvenus au bas de la cheminée, ne doit pas dépasser 50 à 60 degrés. Pour la cuisson de la chaux, on peut admettre plus d'air, marcher plus vite et perdre la fumée à une température plus élevée; on peut avancer par vingt-quatre heures jusqu'à 7 mètres, mais alors il faut ouvrir simultanément deux ou trois des carneaux *nn*.

Voyons maintenant comment on règle et maintient le feu. La voûte de la galerie de cuisson MM est percée d'un grand nombre de carneaux verticaux et cylindriques, par où le combustible peut être introduit. Ce sont des ouvertures de $0^m,13$ à $0^m,15$ de diamètre, placées à la distance de 1 mètre à $1^m,20$ l'une de l'autre. Au moment de l'enfournement, on a la précaution de réserver, au-dessous de chacune de ces ouvertures, entre les briques, les piles des cazettes, ou les pierres à chaux, de petites cheminées de $0^m,15$ à $0^m,20$ de côté, à peu près verticales, ou faisant un faible angle avec la verticale, et partant toutes du sol même de la galerie de cuisson. Ces divers puits sont d'ailleurs reliés entre eux dans le bas, parallèlement à l'axe de la galerie par de petits canaux ménagés au travers des matériaux enfournés. Les ouvreaux de la voûte sont maintenus fermés avec des tampons ou cloches en fonte; ils forment une suite de rangées, composées chacune de trois ou quatre trous dans le sens de la largeur de la galerie. On les voit représentés dans la coupe *fig.* 2 du four circulaire et sur les *fig.* 3 et 4 du four allongé. L'ouvrier chargeur se trouve installé sur la plate-forme ou terrasse du four; il a à sa portée le combustible menu, tourbe, lignite, houille, etc., que l'on fait sécher au préalable sur la plate-forme même; toutes les vingt minutes à peu près, il revient au même trou et y jette une petite pelletée de combustible, pesant 1 à $1^k,50$ au maximum; la majeure partie tombe au fond; une fraction s'ar-

rête aux aspérités des cheminées, dans le cas surtout où ces dernières ne sont pas verticales. En tout état de choses, le combustible s'enflamme aussitôt et brûle sans fumée, à cause de la température élevée de l'air et de l'espace très-resserré au milieu duquel il arrive chaque fois en si faible dose. Il suffit d'ailleurs, pour réaliser d'une façon permanente la combustion parfaite, de régler à point l'arrivée de l'air, ce qui est facile, comme on le verra. L'ouvrier charge à tour de rôle douze à quinze trous, formant quatre ou cinq rangées, ce qui correspond à peu près à la longueur d'un compartiment ou d'un compartiment et demi.

Toutes les cinq minutes, il charge en moyenne une rangée nouvelle, en refermant toujours chacun des trous aussi vite que possible, afin d'éviter tout appel d'air froid, qui provoquerait de suite la production de la fumée. Un même trou de chargement sert rarement au delà de vingt-quatre à trente heures. Toutes les quatre à cinq heures environ, on avance d'une rangée nouvelle, en abandonnant la dernière, de façon à progresser par vingt-quatre heures d'une façon régulière de toute la longueur d'un compartiment. Au bout de vingt-quatre heures, en effet, on transportera la cloison *pp* de la porte n° 1 à la porte n° 2 ; on clôra la porte n° 1, démolira les murs de la troisième porte, fermera le carneau n° 12 et soulèvera la cloche du carneau 1. Cela fait, on défournera le compartiment 3, tandis qu'on rechargera le compartiment 2 vidé la veille.

Ainsi donc, par chaque période de vingt-quatre heures, tout avance dans le four de la longueur d'un compartiment; et, au bout de douze jours, si nous supposons le four muni de douze portes, on se retrouvera au point de départ. L'opération est continue et ne sera arrêtée que pour cause de réparations majeures. Il est d'ailleurs évident que l'on pourrait imprimer à volonté, à un four déterminé, une allure plus lente ou plus rapide. On pourrait avancer d'un compartiment toutes les dix-huit ou douze heures, comme

aussi adopter des intervalles de trente-six ou quarante-huit heures. On pourrait même suspendre complétement, s'il le fallait, tout avancement. Il suffit pour cela de charger constamment le combustible par les mêmes trous, et de se borner au poids strictement nécessaire pour compenser les pertes dues à la fumée et au rayonnement de l'ensemble du système. Tout dépend, en dernière analyse, du tirage du four; or ce tirage est facile à régler; on se borne à soulever ou à abaisser plus ou moins la cloche placée au haut du carneau *nn* qui conduit les gaz chauds au pied de la cheminée, et à régler ensuite, d'après la masse d'air ainsi admise, le combustible chargé par heure. Il ne faut jamais provoquer de la fumée noire au haut de la cheminée, ni amener un refroidissement général par défaut de combustible ou excès d'air. Je dois observer, à ce sujet, que V. Bois, dans son rapport à la Société d'encouragement, a eu tort d'ajouter que l'on réglait aussi la marche du four, en ouvrant plus ou moins les orifices de chargement. Ce serait amener, comme je l'ai dit, un appel d'air froid, ce serait aller contre le principe même du four, puisque l'économie réside surtout dans le chauffage de l'air par la chaleur propre des matières déjà cuites (*). Il importe, au contraire, beaucoup que les orifices de chargement restent clos avec le plus grand soin, et ne demeurent ouverts que pendant les courts instants du chargement même.

Lorsqu'on veut suspendre la marche du four, il faut, pour qu'il ne s'éteigne pas, chauffer plutôt un peu vivement d'une façon intermittente, que d'avoir un feu permanent toujours faible. On entretient donc le feu, pendant quelques heures, à la façon ordinaire, puis on ferme tout; le lendemain ou le surlendemain on opère de même.

Des précautions particulières doivent être prises lors de

(*) Rapport sur le four annulaire. *Bulletin de la Société d'encouragement*, 2e série, tome XVII, page 263.

la mise en feu. On enfourne trois ou quatre compartiments, place la cloison en tôle à l'un des bouts, ouvre le carneau qui lui correspond, et installe, à l'autre bout des compartiments chargés, une grille provisoire, à l'aide de laquelle on sèche et chauffe graduellement les matières enfournées. Toutes les vingt-quatre heures on ajoute un compartiment de plus, en reculant d'autant la cloison en tôle. Lorsque le compartiment le plus voisin de la grille atteint l'incandescence, on peut commencer le chargement ordinaire par les ouvreaux de la voûte, et supprimer peu après la chauffe du bas. Le feu s'avance dès-lors comme je l'ai expliqué; le premier compartiment se refroidit peu à peu, et bientôt la cloison mobile viendra se placer à l'entrée du compartiment où se trouvait la grille.

Les fourneaux annulaires, à douze, quatorze ou seize compartiments, dont je viens de parler, sont les fours ordinaires, dits fours *simples*. Mais on peut doubler le nombre des compartiments, et alors, dans ce four *double*, il y aura constamment, à la distance de la demi-longueur du circuit total, deux cloisons mobiles, deux compartiments en chargement, deux en défournement, enfin deux zones où brûle le combustible. C'est un double jeu qui parcourt sans cesse le circuit total. Un four double pareil pour la cuisson de la chaux se trouve installé à Saint-Laurs sur le bassin houiller de Vouvant dans la Vendée.

Lorsque le four annulaire doit servir pour la cuisson de la chaux une légère modification devient nécessaire, dans la construction des fours, qu'ils soient d'ailleurs simples ou doubles. Les pierres calcaires se *tassent* par le fait de la cuisson. Il se fait un vide sous la voûte de la galerie; les gaz chauds gagnent ce vide et ne passent plus au travers de la charge. La cuisson devient alors inégale. On y remédie facilement en modifiant les contreforts latéraux, contre lesquels s'appuie la cloison mobile en tôle. On les agrandit, sous forme de diaphragmes, dans le tiers supé-

rieur de la galerie annulaire. On intercepte ainsi la circulation des gaz chauds, par la partie haute de la galerie, et on oblige ceux-ci à passer constamment au travers de la pierre à chaux.

Dans ces fours, destinés à la cuisson de la chaux, le tirage peut être gêné par la densité élevée de l'acide carbonique. Il convient de l'activer en élevant la température dans la cheminée; au lieu de 50 degrés, il faut un minimum de 100 à 120 degrés.

L'économie des fours *annulaires* est considérable, et tient, comme on l'a vu, au principe même des fours. Pour la cuisson de la chaux, elle dépasse 50 p. 100. En brûlant de la houille maigre, la consommation est réduite à 6 ou 7 p. 100 du poids de la pierre calcaire.

On a vu ci-dessus que la décomposition de 100 kil. de calcaire réclamait 5 kil. de carbone pur. Or, ces 6 à 7 kil. de houille correspondent, à cause des cendres et de la différence de pouvoir calorifique, à environ 7 kil. de carbone pur. L'effet utile du four serait par suite de 5/7, ou 71,5 p. 100; proportion rarement atteinte dans les appareils de chauffage *ordinaires*.

L'économie relative est plus grande encore dans les établissements, où le four annulaire sert à la cuisson des briques ou de la poterie. Les anciens fours à briques sont à feu intermittent, tandis que le travail est ici continu, et n'entraîne pas les pertes sèches des fréquentes mises en feu. La consommation est souvent réduite dans le rapport de 100 à 30. Pour cuire les 1.000 briques rouges ordinaires, de $0^m,22$, $0^m,11$ et $0^m,06$, on ne brûle pas au delà de 80 à 90 kil. de bonne houille maigre, soit 4 p. 100 du poids des briques cuites. Les briques réfractaires consomment le double, soit 7 à 8 p. 100.

Les dimensions des fours annulaires dépendent de la production par vingt-quatre heures, chaque compartiment doit contenir la production projetée. On admet au mini-

mum 8 mètres cubes par compartiment; mais on peut aussi donner à chacun d'eux 20, 30, jusqu'à 100 mètres cubes et plus. Une seule des dimensions est limitée par les conditions de facile chargement et de parfaite uniformité de température, c'est la *hauteur* de la galerie de cuisson, qui ne doit pas avoir sous clef au delà de 2^m,80 à 3 mètres. En général elle est même comprise entre 2^m,20 et 2^m,60. La largeur et surtout la longueur sont arbitraires. Pour un four, devant cuire 9.000 briques ordinaires (de 0^m,22, 0^{m}11, et 0^m,06), par vingt-quatre heures, on compte 20 mètres cubes par compartiment. Pour les fours à chaux, on compte 1^{mc},5 de vide par mètre cube de pierre calcaire empilée.

Voici les principales dimensions d'un grand four circulaire de l'usine de M. Drasche à Vienne, qui fournit par an 4.368.000 grandes briques de 0^m,29 sur 0^m,145 et 0^m,06 ; soit 10.500 par jour et compartiment.

La circonférence extérieure est de. . .	120 mètres.
Il comprend 12 compartiments de. . . .	50 mètres cubes chacun,
mesurant.	6^m,30 de longueur; 3^m,50 de largeur; 2^m,80 de hauteur sous clef.

La cheminée a 48 mètres de hauteur, son diamètre intérieur, à la base, est de 3^m,75, mais aurait sans doute pu être réduit. On calcule d'ailleurs, comme toujours, les sections des carneaux d'après le poids du combustible *brûlé*. Les gaz chauds ne devraient jamais y atteindre une vitesse de plus de 5 mètres par seconde.

Je compléterai les détails sur les dimensions par le tableau ci-joint, extrait d'une brochure de M. Bourry, agent de M. Hoffmann à Paris.

Capacité par compartiment, en mètres cubes.	10	15	20	30	40	50	60
Nombre de briques ordinaires par compartiment de (0m,22. 0,11 et 0,06). . .	4.500	6.750	9.000	13.500	18.000	22.000	27.000
Maçonnerie en mètres cubes.	400	500	580	690	760	820	870
Fonte en kilog.	3.000	3.500	4.000	4.500	5.000	5.500	6.000

Le four, comme l'indiquent les *fig.* 2 et 4, doit être couvert d'une légère toiture. Quant aux frais de construction, ils sont bien entendu plus élevés, à production égale, que ceux des fours *coulants* ordinaires, servant pour la cuisson de la chaux. La différence est plus faible lorsqu'on compare ces frais aux fours à *dômes* pour briques ou poteries. Mais, dans les deux cas, la différence de consommation est telle, qu'en moins d'un an l'excès de dépenses se trouve déjà couvert en majeure partie.

Dans les conditions ordinaires en France, un four annulaire, tenant 30 tonnes par compartiment, coûtera en général 25 à 30.000 francs.

Quant à la main d'œuvre, elle est faible aussi. L'enfournement et le défournement exigent le même travail, pour les briques et les poteries, que dans les fours anciens. Pour la chaux, les dépenses seront un peu plus élevées à cause de l'arrangement plus soigné des pierres. Mais le travail du chauffeur est moins pénible et peut être confié à des femmes. Une seule ouvrière, par poste de douze heures, peut parfaitement alimenter un four de dimensions ordinaires, mesurant 30 à 40 mètres cubes par compartiment.

Les avantages du four annulaire sont enfin prouvés par son adoption rapide en Allemagne surtout. L'invention date de dix ans à peine, et déjà, fin 1869, on en avait établi

près de 600, dont 20 en France. La plupart servent à la cuisson des briques; 60 pour la chaux et le ciment; une dizaine pour la poterie.

Et maintenant quelques mots encore sur l'emploi de ce four dans les usines à fer.

D'après ce qui précède et l'expérience acquise dans les briqueteries ordinaires, il me paraît superflu d'insister encore sur les avantages du four pour la cuisson des briques dont se servent les forges; mais je désire montrer combien son emploi serait utile pour la calcination des minerais et de la castine.

La marche des fours coulants ordinaires est fort irrégulière. Souvent la cuisson est trop forte sur un point, insuffisante sur d'autres; on ne peut la régler comme on veut.

Dans les fours annulaires, il en est tout autrement. Non-seulement on peut régler, à volonté, le tirage et la marche générale de l'appareil, à l'aide des clapets des carneaux de fumée, mais on peut encore régulariser le feu et le rendre uniforme sur tous les points, en chargeant plus ou moins de houille par les divers ouvreaux.

On peut donc arriver sans peine à une cuisson complète et énergique du calcaire chargé, et on ne consommera, pour cela, comme nous venons de le voir, que 6 à 7 pour 100 de houille menue ordinaire.

Admettons un haut fourneau produisant 40 tonnes de fonte par jour; la consommation en castine sera de 25 tonnes, ce qui suppose un four circulaire de 20 à 25 mètres cubes par compartiment, coûtant 25.000 francs au maximum. Chaque jour, le four annulaire fournira le poids de chaux strictement nécessaire pour la marche du haut-fourneau. Or, dans les hauts fourneaux anglais, l'emploi de la chaux vive procure une économie de 38 kilogrammes de coke par tonne de fonte, et M. Bell, qui cite ce chiffre d'après son expérience propre, ajoute que la chaux vive

employée est en général incomplétement cuite. Si donc on la cuit complétement, et si l'on prend, en outre, toutes les précautions ci-dessus signalées : combustible sec, minerai calciné, etc., l'économie sera pour le moins de 50 kilogrammes par tonne, soit de 2.000 kilogrammes par jour pour le haut fourneau en question. A 20 francs la tonne de coke, ce serait par jour une économie minimum de 40 fr., soit 1 franc par tonne de fonte.

La calcination des minerais hydratés et carbonatés procurera aussi une certaine économie, si elle est pratiquée de même dans un four annulaire ; et cette calcination, je ne saurais assez le rappeler, est indispensable, si l'on veut tirer tout le parti possible de la cuisson préalable de la castine.

Mais une dernière observation est indispensable à ce sujet. En calcinant à part la castine et le minerai, on laissera par cela même aux gaz des hauts fourneaux une température plus élevée. Il faut donc, pour ne pas perdre, par la chaleur sensible des gaz, ce que l'on gagne par la cuisson préalable, exhausser ou élargir les hauts fourneaux, si du moins le simple accroissement du poids de la charge ne suffisait pas pour abaisser la température des gaz du gueulard à la limite maximum de 250 à 300°. Ce simple exhaussement des hauts fourneaux, en favorisant la réduction dans les parties hautes, a produit à lui seul une économie notable dans les usines du nord de l'Angleterre. Or, je ne pense pas que les hauts fourneaux français aient tous atteint, sous ce rapport, la limite extrême de température que je viens de signaler.

J'ajouterai, en terminant, que MM. de Wendel ont récemment installé, dans leurs forges de la Moselle, un four annulaire pour la cuisson des briques réfractaires ; et j'ajouterai, en outre, que, pour les grands fours, la forme oblongue doit être préférée à la forme circulaire. Les constructions sont moins coûteuses.

DE LA SITUATION DE L'INDUSTRIE

DES SCHISTES BITUMINEUX DU BASSIN D'AUTUN.

Par M. CHOSSON, ingénieur des mines.

Historique. — Avant 1843, le bassin d'Autun ne possédait qu'une seule usine, celle d'Igornay, où les schistes bitumineux étaient distillés pour en retirer une huile brute qui était expédiée à Paris, Lyon, Strasbourg et Dijon, où l'on opérait sa décomposition par des appareils spéciaux pour la transformer en gaz d'éclairage. L'établissement des usines à gaz ayant détrôné l'emploi du gaz de schistes, on songea alors à traiter les huiles brutes pour en retirer des huiles plus légères propres à brûler dans les lampes. Malgré le prix relativement très-bas de ces huiles, le public ne les accepta pas avec beaucoup de faveur; il fallait, pour les brûler complétement, des lampes spéciales pourvues d'un excellent courant d'air; enfin leur mauvaise odeur en rendait le maniement désagréable. Aussi n'est-ce que progressivement que cette industrie put s'asseoir d'une façon large et définitive. En 1861, la production des schistes bitumineux dans le bassin d'Autun n'était que de 434.500 quintaux métriques correspondant à une production d'huile brute d'environ 1.700 quintaux métriques; le nombre des concessions s'était peu à peu accru et atteignait le chiffre de dix.

C'est à partir de 1862 que l'industrie des schistes se développe subitement d'une façon considérable. Les demandes du commerce sont nombreuses et les prix de vente

très-rémunérateurs, car les huiles brutes se vendaient 30 francs l'hectolitre et les huiles légères 65 francs. Aussi le chiffre de l'extraction s'élève à 848.500 quintaux métriques cette année-là. Une véritable fièvre s'empare des exploitants de l'Autunois; de toutes parts de nouvelles recherches sont faites, de nouvelles usines s'élèvent immobilisant des capitaux considérables et en 1864, dans une seule année, sept concessions sont instituées. Cette industrie se trouve alors à son apogée : en 1864, l'extraction des schistes atteint le chiffre de 1.285.500 quintaux métriques et la production des huiles brutes s'élève à 47.500 quintaux métriques; ainsi en trois années la production avait triplé. Mais la chute devait être aussi rapide : l'importation des pétroles d'Amérique vint faire aux huiles de schiste une concurrence redoutable. Le pétrole offrait à la consommation un produit d'une pesanteur spécifique moins grande et qui était par conséquent plus facile à brûler; son odeur était presque nulle et le faisait préférer malgré les dangers qu'il présente en émettant des vapeurs plus facilement que les huiles de schiste. La dépréciation de ces dernières fut d'autant plus grande que les exploitants de l'Autunois, en présence de l'écoulement rapide de leurs produits, livraient au commerce des huiles très-mal épurées et qui ne supportaient en rien la comparaison avec le pétrole. Aussi en 1867, les huiles de schiste s'abaissaient au prix de 18 francs l'hectolitre d'huile brute et 35 francs l'hectolitre d'huile légère.

En présence de cette situation, plusieurs concessions suspendirent tout travail; quelques exploitants, voulant du moins utiliser en partie les installations coûteuses qu'ils avaient faites, continuèrent à produire et purent obtenir des bénéfices en négligeant les intérêts du capital, les frais d'amortissement et en ne faisant pour ainsi dire aucune réparation à leur matériel dont l'usure définitive devait nécessairement entraîner la fermeture de leurs usines.

D'autres enfin, reculant devant des dépenses trop considérables d'exploitation, transformèrent leurs usines de production en usines d'épuration, alimentées par les huiles brutes produites sur des concessions plus heureuses comme gisement de minerai.

Préoccupé du sombre avenir qui s'offrait à l'industrie des schistes, le ministre de l'agriculture, du commerce et des Travaux publics provoqua, de la part du service des mines, une enquête sur l'état exact de la fabrication des huiles de schiste dans l'Autunois, sur les procédés employés et les améliorations qu'ils étaient susceptibles de recevoir. En présence de cette sollicitude du gouvernement, quelques exploitants nous ont fourni tous les renseignements qu'ils pouvaient mettre à notre disposition et se sont prêtés à quelques essais destinés à abaisser le prix de revient de la fabrication des huiles. Le présent rapport a pour objet de résumer tous ces documents qu'il est important de livrer à la publicité pour encourager les essais ultérieurs, indiquer aux industriels la voie d'améliorations nouvelles et appeler enfin l'attention du gouvernement sur les moyens propres à conserver à la France une industrie essentiellement nationale et digne de l'intérêt de tous.

Considérations générales sur le bassin d'Autun. — Toutes les concessions de mines de schistes du département de Saône-et-Loire sont placées sur le bassin houiller d'Autun, dont la forme est celle d'une ellipse irrégulière. Le grand axe de cette ellipse irait d'Épinac à Monthelon et son petit axe des environs d'Autun à Igornay. D'après M. l'ingénieur en chef Manès, la superficie de ce bassin serait d'environ 25.000 hectares. Il est borné au nord par une enceinte de montagnes porphyriques dont la concavité fortement prononcée est tournée vers le sud, et au sud par le granite ou gneiss dont les protubérances forment une ligne assez irrégulière, mais présentant en masse une légère convexité vers le nord. La surface de tout ce bassin n'est que

légèrement ondulée et est encaissée dans cette enceinte de terrains anciens qui la domine de toutes parts.

Nous avons considéré jusqu'à présent tout ce bassin comme faisant partie de la formation houillère; telle est l'opinion qui a été émise par plusieurs éminents géologues qui l'ont étudié. Sans discuter dans ce rapport les raisons qui les ont portés à émettre cette opinion, nous ne serions pas éloigné de penser que l'on pourrait peut-être y distinguer deux étages bien différents, l'un appartenant à la formation permienne et l'autre à la formation houillère. Dans cette hypothèse, la formation permienne serait l'étage supérieur, composé d'une série d'assises de grès fin et de schistes bitumineux et contenant deux couches de houille d'une qualité médiocre que l'on a reconnues sur la concession de Chambois. Elle occupe toute la partie centrale du bassin et toute sa partie septentrionale où les travaux ont fait connaître sur quelques points qu'elle vient se relever contre les porphyres; elle est recouverte sur une certaine étendue de terrains tertiaires supérieurs ayant une faible épaisseur et sur quelques sommets par des grès keupriques. La formation houillère occupe au contraire tout l'étage inférieur, pouvant se diviser lui-même en deux sous-étages. Le sous-étage supérieur est formé de grès et de poudingues grossiers contenant une ou deux couches de houille peu puissantes en général qui ont donné lieu aux concessions de Pauvray, de Sully et du grand Moloy. Enfin le sous-étage inférieur est composé de grès plus fins et de schistes contenant deux couches de houille venant se relever jusqu'au jour sur les flancs des montagnes anciennes qui forment la limite occidentale du bassin. Ce sont les deux seules couches qui soient exploitées dans tout le bassin d'Autun sur la concession d'Épinac.

Concession de schistes. — D'après cette classification, la série des couches bitumineuses exploitées pour la fabrication des huiles appartiendrait à la formation permienne et

occuperait environ les trois quarts de la surface totale du bassin, soit 18.000 hectares. Ces couches ont donné successivement lieu à vingt concessions dont le détail est donné dans le tableau suivant :

NOMS des concessions.	DATE de l'acte de concession.	ÉTENDUE en hectares.	NOMS des concessionnaires primitifs.	NOMS des concessionnaires ou exploitants actuels. — C. Concessionnaires. E. Exploitants.
Igornay	O. 29 juillet 1841	522	Chartron père et fils, Desblains, Blanchet et Raymond	C. E. Roche et compagnie.
Millery	O. 30 juillet 1843	522	Bouhéret, vicomte de Dormy, Thibault-Duvernay, Rey, Pierre Piébard, Suleau et comte de Lagrange	Inactive.
Dracy-Saint-Loup	O. 4 novembre 1843.	398	Selligue et compagnie.	C. E. Hubinet de Soubise.
Surmoulin	O. 4 novembre 1843.	1.068	Kalb et Terme	C. E. Rossigneux et compagnie.
Saint-Léger-du-Bois	O. 14 février 1846	515	Veuve Selligue, baron de Montmorency, marquis de Boissy	C. E. Drago.
La Comaille	O. 21 août 1847	331	Brunet et Thibault-Duvernay	C. E. Drago.
La Petite-Chaume	D. 25 juillet 1855	280	Ballard, Barrier et Malo.	C. E. Pierre et comp.
Poisot	D. 17 décembre 1856.	638	Comte d'Esterno	E. Dévelay et Legros
Chambois	D. 11 juillet 1859	1.180	Rouy et compagnie	Inactive.
Le Ruet	D. 30 octobre 1861	810	DeVaulx, Rodary, Merle, Bretin, Roger, de Dormy et Champeaux de la Boulaye	C. E. Champeaux de la Boulaye et compagnie.
Chevigny	D. 25 juillet 1864	304	Couhard, Ducreux, Deguin et Rérolle	Inactive.
Les Miens	D. 25 juillet 1864	486,40	Mallet, Gislain et Caullet.	Inactive.
Cerveau	D. 1er août 1864	327	Peteuil et consorts	Inactive.
Ravelon	D. 1er août 1864	610	Audéoud	Inactive.
Hauterive	D. 20 août 1864	518	Debrousse et compagnie.	Inactive.
Lally	D. 4 décembre 1864.	278	André Lutscher	Inactive.
Champsigny	D. 4 décembre 1864.	113	Queulain aîné	C. E. Queulain aîné.
Les Abots	D. 8 février 1865	305	Duverne (Antoine)	C. E. Malo et comp.
Saint-Forgeot	D. 8 février 1865	364	Hottinguer	Inactive.
Les Thébots	D. 22 avril 1865	126	Zeller et Debrousse	Inactive.

D'après ce tableau, on voit que dix concessions sont exploitées et dix inexploitées actuellement. Mais les concessions de Chambois, Ravelon, Hauterive, Lally, Saint-Forgeot et les Thébots n'ont pas d'usine, et les travaux exécutés sur presque toutes ces dernières n'ont jamais dépassé ceux qui étaient nécessaires pour justifier de l'institution de la

concession en prouvant l'existence d'une ou plusieurs couches industriellement exploitables.

Description d'une usine-type.—La description de chacune des usines où sont traités les schistes entraînerait à de nombreuses répétitions, car la méthode employée est à peu près partout la même. Aussi ne décrirons-nous que l'usine qui paraît réunir l'outilllage le plus perfectionné ; nous la considérerons comme usine-type à laquelle toutes les autres pourront se rapporter facilement. Cette usine est celle de Lally, située sur la concession de Champsigny et appartenant à M. Queulain aîné, de Cambrai. Le directeur de cette usine, M. Aymard, ancien élève de l'école des mineurs de Saint-Étienne, a bien voulu mettre à notre disposition tous les résultats obtenus dans cette usine et faire quelques nouveaux essais dont la description est donnée plus loin.

CONCESSION DE CHAMPSIGNY.

Situation de l'usine de Lally. — L'usine de Lally est construite, à peu près en face du village de ce nom, sur le flanc septentrional de la colline qui sépare la vallée où se trouvent les villages de Lally et du Grand-Moloy de la vallée de La Drée où sont les villages de Muse et de Champsigny.

La couche de schiste exploitée vient affleurer dans l'usine même ; cette couche a environ $3^m,20$ de puissance et une inclinaison moyenne de $0^m,12$ par mètre. Son pendage est sensiblement du N. au S. Elle présente la composition suivante à partir du toit : 1° $0^m,90$ à $1^m,20$ de schistes noirs, à cassure conchoïde, caractérisés par la présence de petits grains de quartz translucides, bonne qualité, rendement en cornue tournante d'environ 75 litres d'huile par mètre cube ; 2° $0^m,30$ à $0^m,40$ de schistes ne rendant plus en cornue tournante que 60 litres au mètre cube, cassure esquilleuse,

grains de quartz rares, caractérisés par la présence de coprolithes et de rognons ferrugineux ; 3° 0m,30 de schistes rubanés, pauvres, laissés comme remblai dans la mine ; 4° 0m,40 à 0m,60 de grès psammitiques qui servent aussi à remblayer la mine ; 5° 0m,40 environ de schistes rubanés, impurs, lourds, à cassure esquilleuse, donnant beaucoup de poussière au cassage à cause de leur nature argileuse, rendement en cornue tournante de 40 litres d'huile au maximum par mètre cube ; 6° 0m,25 à 0m,30 de schistes concrétionnés, luisants et tourmentés dans lesquels on fait le havage, les bancs supérieurs étant détachés par une série de coups de mine.

Les schistes sont extraits par un puits (10) (voir le plan de l'usine, *fig.* 1) qui a 28 mètres de hauteur à partir du mur de la couche. Ce puits vient déboucher à la partie supérieure de l'usine, à laquelle il fournit le minerai. Le schiste peut être amené du puits d'extraction sur deux estacades d'où il est versé par des culbuteurs sous des hangars où il est cassé à la main ; le schiste cassé est versé de là dans des wagons qui l'amènent sur les fours. On peut encore, lorsque l'activité de l'usine le comporte, verser le minerai à la sortie du puits dans des couloirs en tôle qui l'amènent dans deux machines à casser (8) mues à la vapeur. De là deux chaînes à godets remontent le minerai cassé dans deux réservoirs en tôle d'une capacité de 48 mètres cubes d'où il est versé dans les wagons au moyen d'une trémie et amené ensuite sur les cornues de distillation.

Frais spéciaux à l'extraction. — Les frais spéciaux à l'extraction du schiste peuvent être établis de la façon suivante pour 1 mètre cube de minerai à sa sortie du puits d'extraction :

	francs.
Chef mineur.	0,1224
Consommation de houille, 0^h,2017. . . .	0,2825
Machiniste et receveur.	0,1354
Roulage et abatage.	1,6010
Un cheval.	0,0563
Bois et entretien des outils.	0,1298
	2,3274

Les frais spéciaux à l'extraction d'un mètre cube de minerai sont donc de 2^f,3274.

Le combustible employé est de la houille d'Épinac expédiée par cette mine jusqu'à la gare de Saint-Léger-Sully, placée à 8 kil. d'Épinac par voie de fer et à 7 kil. de l'usine de Lally par voie de terre. La houille revient à 1^f,40 l'hectolitre rendu à l'usine.

La main d'œuvre est généralement un peu plus élevée que dans les usines voisines.

Les ouvriers spéciaux sont payés de 70 à 80 francs par mois; les manœuvres sont payés de 2 francs à 2^f.25 par jour.

Méthode de traitement. — La méthode de traitement se divise en deux parties bien distinctes :

1°. *Distillation des schistes.* — Cette opération donne des huiles brutes dont la densité est 900 grammes.

2°. *Rectification des huiles brutes.* — Cette rectification se fait au moyen des six opérations suivantes.

Première opération. Distillation des huiles brutes. — Cette opération donne trois produits :

1) Huiles à traiter dont la densité est de 845 à 850 grammes.
2) Huiles vertes dont la densité est de 900 à 920 grammes.
3) Goudrons vendus sans autre traitement.

Deuxième opération. Traitement des huiles 1). — Ce traitement se fait par l'acide sulfurique et la soude successivement; ces huiles 1) se trouvent ainsi transformées en huiles 4) traitées à distiller.

Troisième opération. Distillation des huiles 4). — Cette distillation donne trois produits :

5) Huile légère, qui est un produit épuré à la densité de 800 grammes.
6) Huile lourde dont la densité est de 870 grammes en moyenne.
Résidus vendus sans autre traitement.

Quatrième opération. Traitement des huiles lourdes 6). — Ce traitement s'effectue par l'acide sulfurique et la soude comme pour les huiles 1) et l'on obtient des huiles traitées à distiller 7).

Cinquième opération. Distillation des huiles 7). — Cette opération donne trois produits.

8) Huiles dont la densité est de 845 à 850 grammes.
9) Huiles blondes dont la densité est de 880 à 890 grammes.
Résidus vendus sans autre traitement.

Sixième opération. Traitement des huiles blondes 9). — Cette opération consiste à traiter ces huiles par l'acide sulfurique et la soude et à en retirer ainsi des huiles à graisser.

Consistance de l'usine et matériel. — L'usine contient (voir la *fig.* 1) :

2 Machines à casser le minerai (8) ; 2 séchoirs (4, 4) ;

92 Cornues verticales (1, 1, 1, 1) et 16 cornues tournantes (7, 7) destinées à la distillation des schistes ;

9 Chaudières d'épuration pour la distillation des huiles (2) ;

8 Agitateurs pour le traitement des huiles (3) ;

1 Gazomètre (11), 1 magasin pour les produits (6), les hangars de tonnellerie (5,5), bureaux et une maison contenant 8 logements d'ouvriers située sur le haut de la colline (13).

Personnel de l'usine. — Le personnel de l'usine se compose :

1° Pour la surveillance générale : d'un directeur, d'un comptable et d'un surveillant de jour ;

2° Pour l'extraction des schistes : d'un chef mineur, 15 mineurs, 1 machiniste et 1 receveur ;

3° Pour la distillation des schistes : de 2 chauffeurs, de 2 défourneurs, de 2 tamponneurs, de 2 manœuvres pour monter le charbon, de 1 chargeur, de 5 casseurs, d'un machiniste pour l'extracteur des gaz et d'un surveillant de nuit;

4° Pour la rectification des huiles brutes : d'un épurateur et de 6 manœuvres.

5° Pour les réparations : d'un tonnelier et de 2 forgerons.

DISTILLATION DES SCHISTES.

A l'origine de la construction de Lally, la distillation des schistes s'effectuait dans des cornues verticales. Mais le rendement étant moins considérable que dans les cornues tournantes, on leur a substitué ces dernières depuis l'année 1866, et nous commencerons par examiner le traitement des schistes dans les cornues tournantes.

Distillation dans la cornue tournante. — La cornue tournante, système Malo, se compose (voir les *fig.* 2 et 3, Pl. VII) d'un corps cylindrique A en tôle de 1^m,75 de diamètre extérieur et de 0^m,80 de longueur; à chaque bout est assemblé à rivets un tronc de cône B en tôle de 0^m,83 de hauteur, le diamètre de la petite base étant de 1^m,24. Au centre de chacune des petites bases de ces parties coniques sont assemblés deux tourillons en fonte, renforcés de nervures, destinés à supporter la cornue. Chacun de ces tourillons repose sur un palier P, P; l'un C est plein et muni d'une roue à engrenages à laquelle on peut imprimer un mouvement de rotation; l'autre D est creux; il sert de passage aux vapeurs provenant de la distillation des schistes renfermés dans la cornue, et débouche dans un barillet où il se fait une première condensation des vapeurs les plus lourdes. La cornue est chauffée au moyen d'un foyer latéral E (*) de 2^m,40 de

(*) Dans la disposition primitive du foyer de la cornue, M. Malo

longueur et un volet en tôle F vient s'appuyer tangentiellement sur la surface de la cornue afin de forcer les flammes qui sortent par les carneaux du foyer à venir lécher la partie inférieure de la cornue pour s'échapper dans la cheminée par l'ouvertures G.

Conduite de l'opération.—L'opération s'effectue de la manière suivante :

La cornue ayant été débarrassée des schistes distillés dans l'opération précédente, on amène l'orifice O de la cornue en face d'une trémie en fonte H placée à la partie supérieure, au-dessus du four, et l'on y charge les schistes frais au moyen d'un wagon que l'on conduit sur la trémie. On charge ainsi 2 mètres cubes de schistes. On ferme ensuite l'orifice de la cornue avec le couvercle en fonte disposé à cet effet, en mettant un peu d'argile dans les joints. On imprime alors à la cornue son mouvement de rotation ordinaire au moyen d'une poignée d'embrayage; une cornue met environ huit minutes pour accomplir une révolution. On active aussitôt le feu des foyers et l'on allume au-dessous de la cornue un jet de gaz qui, ainsi qu'on le verra, est un des produits de l'opération même. En même temps on enfonce dans le tourillon creux de la cornue qui débouche dans le barillet un tampon terminé par une tige filetée qui sert à le manœuvrer; ce tampon a pour but de refouler dans l'intérieur de la cornue les schistes qui dans le chargement sont tombés dans le tourillon et qui pourraient l'obstruer à un moment donné; il a également pour but de nettoyer les parois intérieures du tourillon qui, dans l'opération précédente, se recouvrent toujours de produits goudronneux empâtés de poussières de schistes. Les produits volatils les plus lourds se condensent dans le barillet; les huiles plus légères et les gaz sont repris à leur sortie du barillet par un

avait disposé de chaque côté du massif deux foyers de $1^m,60$ de profondeur. M. Aymard a supprimé le foyer s'ouvrant du côté du barillet et a prolongé l'autre de $0^m,80$.

serpentin refroidi dans une bâche d'eau froide. C'est dans ce serpentin que se condensent les huiles, et enfin les gaz viennent se réunir dans un tuyau collecteur placé au bout des serpentins et sont amenés au moyen d'un extracteur dans un gazomètre d'où ils sont ensuite renvoyés sous les cornues pour contribuer, comme nous l'avons vu plus haut, à la distillation des schistes frais concurrement avec la chaleur fournie par les foyers.

Cette distillation dure de huit à dix heures : il faut d'abord environ quarante minutes pour opérer le déchargement et le chargement de la cornue. L'opération se poursuit en passant par deux phases :

Première phase. — Le chargement opéré, on pousse le feu sous la cornue et l'on détermine ainsi le départ de l'eau contenue dans les schistes. Ce départ des vapeurs d'eau constitue la première phase pendant une partie de laquelle on laisse le barillet ouvert afin de permettre aux produits volatils qui se dégagent de s'échapper librement dans l'atmosphère. Ces premiers produits sont en grande partie de l'eau hygrométrique peu ammoniacale ; ils contiennent cependant un peu de gaz combustible et par conséquent un peu d'huile, mais cette perte est largement compensée par l'avantage que l'on a à ne pas faire circuler dans les serpentins et par conséquent à ne pas condenser ces premières vapeurs dont la liquéfaction échaufferait beaucoup l'eau des bâches et forcerait ainsi à une dépense disproportionnée avec les produits utiles qu'elles peuvent renfermer en très-petite quantité.

Lorsque les vapeurs d'eau se sont ainsi dégagées, sous l'action d'un feu vif, pendant environ une heure, on ferme le barillet. A ce moment les vapeurs d'eau sont devenues plus claires et moins abondantes et, le barillet fermé, le serpentin ne donne encore qu'un filet d'eau qui devient de plus en plus mince et finit par disparaître, trois heures après la fermeture du barillet.

Deuxième phase. — Tout dégagement s'arrête ensuite pendant une demi-heure environ, et ce n'est qu'alors que le serpentin commence à laisser couler un filet d'huile mélangée d'un peu d'eau très-ammoniacale. Dans cette seconde phase, qui dure quatre heures environ, l'huile continue à se dégager d'abord assez abondamment, puis le filet condensé par le serpentin diminue de plus en plus et la proportion d'eau ammoniacale augmente jusqu'à la fin de l'opération qui se reconnaît aisément à l'absence d'huile dans ce filet.

On suspend alors l'opération ; pour cela on arrête la cornue lorsque son ouverture O se trouve en face de la trémie supérieure ; on enlève le couvercle et l'on embraye de nouveau l'engrenage fixé sur le tourillon plein de la cornue. L'ouverture de la cornue arrive ainsi, au bout d'une demi-révolution, à la partie inférieure et une partie des schistes distillés s'échappant par cette ouverture viennent tomber à la partie inférieure du four où se trouve une trémie I, que l'on a soin d'ouvrir pendant le déchargement afin que les schistes puissent être reçus par un wagon placé en dessous. Il faut généralement faire accomplir à la cornue deux ou trois révolutions entières pour la débarrasser complétement des schistes distillés, et l'on recommence alors l'opération en opérant un chargement de schistes frais, comme il a été dit plus haut.

En résumé une opération comporte : 1° le déchargement et le chargement de la cornue qui durent environ quarante minutes ; 2° la première phase de la distillation qui donne comme produits de l'eau légèrement ammoniacale dont le litre pèse 1.010 grammes et des gaz en petite quantité ; cette première phase a une durée totale de quatre heures environ ; 3° la seconde phase de la distillation qui donne comme produits des huiles brutes dont la densité est de 900 grammes, des eaux très-ammoniacales dont la densité est de 1.110 grammes et des gaz abondants. Pendant la première phase, il est nécessaire de pousser activement le feu afin

d'opérer le départ des vapeurs d'eau, mais aussitôt que l'huile apparaît on ne charge plus de charbon sur les grilles. La chaleur acquise par la masse schisteuse et le peu de feu qui reste sur la grille suffisent pour terminer l'opération; il faut d'ailleurs avoir soin de fermer tout accès d'air dans le four afin de ne pas refroidir la cornue.

Nous avons vu que les deux phases de la distillation sont séparées par un intervalle d'une demi-heure pendant lequel tout dégagement s'arrête. On a remarqué que si pendant cet intervalle on ne poussait pas le feu jusqu'au départ de l'huile et qu'on laissât au contraire refroidir la cornue, sauf à reprendre plus tard la distillation en chargeant de nouveau du combustible sur le foyer, il était impossible d'avoir des produits de distillation malgré une élévation de température même assez grande. Les ouvriers disent alors que *le schiste dort*, et l'opération est manquée. Comme il est plausible de supposer que, pendant la première phase, l'eau hygrométrique seule se dégage, il résulterait de là que des schistes refroidis après le départ de leur eau hygrométrique ne seraient plus susceptibles de fournir de l'huile par distillation. La présence de l'eau dans les schistes paraîtrait donc jusqu'à un certain point favoriser la formation des huiles.

Modifications introduites dans la cornue tournante. — Nous avons considéré jusqu'à présent la cornue tournante telle qu'elle avait été installée d'abord à l'usine de Lally sur les données fournies par l'inventeur, M. Malo. Depuis cette époque, M. Aymard a introduit quelques modifications qui ont eu pour but d'obtenir un rendement un peu plus considérable et de mieux utiliser le combustible.

La cornue tournante Malo présente effectivement quelques détails de construction défectueux. Le foyer est très-éloigné de la cornue; de plus la flamme du foyer, ayant une tendance à monter, vient lécher la partie supérieure de la cornue pour regagner les carneaux conduisant à la cheminée.

Or, comme l'indique la *fig.* 3, Pl. VII, le schiste se dispose dans la cornue suivant une surface qui s'écarte peu d'un plan incliné à 45° passant par l'axe. On doit alors chercher naturellement à diriger les flammes du foyer sur les parois de la cornue en contact avec le schiste afin que le maximum de température ainsi développé soit directement utilisé. Si au contraire les flammes viennent se rabattre sur la partie supérieure de la cornue, on chauffe les parois en contact avec les produits de la distillation et, tout en utilisant très-mal le combustible, on n'arrive qu'à décomposer une partie des huiles et à les transformer en gaz. Pour éviter cet inconvénient, M. Malo a disposé au-dessus de la cornue un volet en tôle qui force les flammes à se rabattre en dessous. Mais sous l'action de la chaleur le volet en tôle se déforme et laisse passer les produits de la combustion du foyer. M. Aymard est arrivé à un meilleur résultat en rapprochant le foyer de la cornue et en abaissant la grille ainsi que le montre la *fig.* 4, Pl. VII. La grille a été abaissée de $0^{m},50$ et rapprochée d'environ $0^{m},30$ de la cornue. De cette nouvelle disposition il résulte : 1° que la flamme qui s'échappe du foyer vient frapper la cornue au point où la masse de schistes a la plus grande épaisseur; 2° que le parcours de la flamme pour regagner les carneaux de la cheminée est moindre par la partie inférieure que par la partie supérieure, de sorte que l'action du tirage tend à faire passer la plus grande partie de ces flammes par la partie inférieure. M. Aymard est ainsi arrivé à consommer 3 à 4 p. 100 de moins de combustible qu'il n'en consommait dans la disposition primitive.

Rendement des schistes à la distillation. — Dans la distillation des schistes à la cornue tournante, un mètre cube de schistes, pesant 1.080 kilogrammes en moyenne, rend environ $50^{lit.},43$ d'huile brute. La production de gaz évaluée avec un compteur est de 19 à 20 mètres cubes; ces gaz, retirés au moyen d'un extracteur, sont lancés dans un

gazomètre et soumis ainsi à une certaine pression qui suffit pour en liquéfier une partie; les produits de cette liquéfaction sont des huiles légères nommées essences brutes; on en retire environ 1/2 litre par mètre cube de schistes distillés; de sorte que le rendement d'un mètre cube de ces schistes en huiles est ainsi porté à 50^{l},93.

Frais spéciaux à la distillation. — Les frais spéciaux à cette opération peuvent s'établir de la façon suivante pour un mètre cube de schistes distillés :

		francs.
Main-d'œuvre.	Chargeurs	0,0627
	Chauffeurs	0,1463
	Défourneurs	0,1570
	Manœuvres pour le montage du charbon	0,0471
	Casseurs de schistes	0,4446
	Curage des barillets	0,0519
	Tamponneurs	0,1269
	Machiniste de l'extracteur	0,0493
	Surveillant de nuit	0,0815
	Total de la main-d'œuvre	1,1673
Charbon, entretien des outils, des cornues et du gazomètre		1,7574
Charbon pour l'extracteur		0,1097
		3,0344

Prix de revient de l'huile brute fabriquée par la cornue tournante. — De ces diverses données il est facile de déduire le prix de revient de l'huile brute. Ce prix de revient est important à établir, car l'huile brute est un produit marchand que quelques usines du bassin fabriquent seul. L'usine de Lally peut donc être considérée comme divisée en deux : l'une destinée à l'extraction du minerai et à la fabrication des huiles brutes; l'autre destinée au raffinage de ces huiles. Dans le prix de revient des huiles brutes nous ferons entrer les frais généraux de surveillance comprenant la moitié des traitements du directeur, du comptable et du surveillant de jour, l'autre moitié incombant à la rectification des huiles brutes; nous laisserons d'ailleurs de côté,

sauf à y revenir ensuite, les frais généraux comprenant l'entretien des bâtiments, les impôts, les intérêts du capital, l'amortissement, les frais d'administration et de commerce, etc.

Nous aurons ainsi :

	francs.
Frais spéciaux à l'extraction de 1 mètre cube de schistes	2,3274
Frais spéciaux à la distillation de ce mètre cube	3,0344
Directeur	0,1959
Comptable	0,0489
Surveillant de jour	0,0309
Charbon pour les employés	0,0686
	5,7061

Un mètre cube produisant en moyenne 50^{lit},93 d'huile brute, le prix de revient d'un litre d'huile brute sera ainsi égal à

$$\frac{5,7061}{50,93} = 0^{f},112038.$$

Modifications à introduire dans la cornue tournante pour diminuer la consommation du combustible. — La première modification qui se présente à l'esprit est basée sur la remarque suivante :

Lorsqu'à la fin de l'opération on décharge la cornue, le schiste que l'on sort est encore noir et paraît dégager beaucoup de gaz. On le transporte ordinairement, au moyen de wagons en tôle roulant sur de petits chemins de fer, dans les abords de l'usine où ce schiste en s'entassant donne lieu à d'énormes cavaliers. Dans ces cavaliers, on remarque que le schiste encore chaud forme des brasiers qui, il est vrai, ne dégagent pas de flammes, mais qui doivent développer une haute température ; après l'extinction de ces brasiers, on peut en retirer des morceaux de schistes jaunâtres et où le carbone paraît entièrement consumé, sauf au centre où il reste toujours un petit noyau noir.

Dans la plupart des cas, la chaleur développée est assez grande pour agglutiner la masse et coller les morceaux de schistes les uns aux autres, ce qui indique évidemment un commencement de fusion. On doit donc conclure de là que, même après la distillation des schistes en cornue tournante, ils conservent encore assez de principes combustibles pour développer une température élevée lorsqu'ils sont réunis en masse. Des expériences faites par M. l'ingénieur en chef des mines Tournaire au laboratoire de Chalon-sur-Saône, prouvent d'ailleurs qu'il doit en être ainsi à cause de la grande quantité de gaz qui reste encore dans les schistes distillés ; en poussant la distillation au delà de la limite adoptée dans l'industrie, on trouve en effet que lorsque le dégagement de l'huile a cessé, celui du gaz continue à s'opérer et la quantité totale de gaz ainsi recueillie est environ le double de celle recueillie à l'usine de Lally. Les schistes distillés peuvent donc être considérés comme un réservoir de gaz que l'on doit songer à utiliser de même qu'on utilise ceux qui se dégagent pendant la distillation.

A cet effet M. Aymard, tout en conservant la disposition de cornue qui vient d'être décrite, avait muni la trémie I d'une grille permettant de soutenir les schistes distillés provenant du déchargement de la cornue. Ces schistes distillés, étant considérés comme un combustible, pouvaient alors concourir par leur combustion à échauffer les schistes de l'opération suivante. De plus un registre placé en dessous de la grille servait à mesurer la quantité d'air destinée à la combustion des schistes. Des expériences faites avec cette nouvelle modification n'ont pas donné des résultats aussi satisfaisants que nous pouvions l'espérer ; la combustion des schistes se faisait mal et ne s'opérait que très-partiellement au contact des parois du four où la circulation de l'air était plus facile que dans la masse. Ce résultat s'explique par la nature des schistes distillés qui contiennent

une forte proportion de poussière très-ténue, formée dans le mouvement de rotation de la cornue; cette poussière remplit tous les vides laissés par les schistes entre eux et arrête, à travers la masse, le mouvement de l'air qui tend alors à circuler le long des parois du four.

Un autre inconvénient consistait encore en ce que la capacité du four au-dessous de la cornue était trop faible pour qu'il restât un espace suffisant entre la cornue et la masse des 2 mètres cubes de schistes distillés; il en résultait que le jet de gaz brûlait difficilement dans cet espace restreint et que les flammes du foyer avaient de la tendance à passer en dessus de la cornue. Aussi M. Aymard est-il arrivé à un effet utile plus grand en ne déchargeant sur la grille de la trémie I que la moitié des schistes distillés, l'autre moitié étant déchargée dans les wagons et restant ainsi complétement inutile. Il a également trouvé plus avantageux de fermer complétement le registre de la trémie I en n'admettant dans la masse de schistes que la faible quantité d'air qui peut passer par les fissures. Dans ces conditions on peut considérer que la combustion de ces schistes est très-incomplète et que l'on n'utilise en quelque sorte que la chaleur acquise par la masse schisteuse pendant la distillation; cette masse empêche le refroidissement de la partie inférieure du four et échauffe la petite quantité d'air qui peut se faire jour par la trémie. Cette assertion est d'ailleurs suffisamment prouvée par l'aspect des schistes retirés à la fin de l'opération; ils sont encore noirs, sauf quelques morceaux qui ont subi une combustion partielle, probablement parce qu'ils se trouvaient le long de l'une des parois du four où la circulation de l'air était plus complète.

Cependant, même dans ces conditions désavantageuses, M. Aymard a pu constater que la présence des schistes distillés au-dessous de la cornue apportait une petite économi d'environ 25 p. 100 dans la consommation du combustible

Expériences sur la combustion des schistes distillés à l'usine d'Igornay. — Depuis lors des expériences faites chez M. Roche, à l'usine d'Igornay, nous ont prouvé que la combustion des schistes distillés peut se faire à peu près complétement avec un grand dégagement de chaleur, en insufflant de l'air forcé dans la masse schisteuse préalablement échauffée. L'appareil dont s'est servi M. Roche, et qui lui a été fourni par M. Testud de Beauregard, constructeur à Paris, se compose (voir les *fig.* 5, 6, 7 et 8, Pl. VII) :

1° D'une chaudière verticale tubulaire A, à foyer intérieur;

2° De deux surchauffeurs B, B en fonte, destinés à surchauffer la vapeur produite par la chaudière;

3° D'un petit cubilot C dans lequel sont chargés des schistes déjà distillés et muni à sa base de deux tuyères D, D devant chacune desquelles est disposé uu souffiard injectant de la vapeur surchauffée.

La chaudière présente cette particularité qu'elle est munie à sa partie supérieure d'une boîte à fumée dans laquelle est disposé un serpentin où circule la vapeur et où elle se dessèche; la vapeur descend ensuite dans un surchauffeur disposé tout autour du foyer.

Les deux surchauffeurs B, B sont en fonte à tubes intérieurs dans lesquels circule la vapeur pour se surchauffer; chacun est muni d'un foyer intérieur dans lequel on produit un tirage au moyen d'un petit soufflard à vapeur débouchant dans la cheminée. Le cubilot C est en fonte garnie intérieurement d'une chemise en briques réfractaires.

On a mis dans ce cubilot une petite quantité de houille enflammée, sur laquelle on a chargé des schistes distillés et, sous l'influence de l'insufflation de la vapeur surchauffée entraînant avec elle un volume d'air considérable, toute la masse des schistes s'est embrasée. Les schistes complétement brûlés étaient retirés par l'ouverture inférieure E et remplacés par des schistes distillés, chargés par l'ouverture supérieure F. Les schistes soumis à l'expérience étaient pris

dans la cour de l'usine et avaient absorbé par conséquent une grande quantité d'eau; aussi se produisait-il d'abord à l'ouverture F une fumée épaisse provenant de la vaporisation de l'eau; cette fumée s'éclaircissait ensuite et l'on pouvait l'enflammer en modérant un peu l'insufflation de la vapeur. Il suffisait d'ailleurs de regarder par l'ouverture F pour voir que toute la masse de schiste était incandescente. Il est bon de remarquer également qu'en déchargeant par l'ouverture E les schistes brûlés, on pouvait constater qu'ils n'étaient pas agglutinés, ce qui aurait pu nuire à ce déchargement.

La conséquence à tirer de cette expérience est que les schistes déjà distillés, bien que devant être considérés comme un mauvais combustible, peuvent cependant brûler sous l'influence d'une injection d'air. Il nous semble d'ailleurs que cette combustion peut se produire quel que soit le mode de cette injection; la vapeur, il est vrai, se décompose en traversant les schistes et fournit ainsi un principe comburant, l'hydrogène; mais d'un autre côté sa décomposition produit un refroidissement. Il faut dire que, dans cette expérience faite à l'usine d'Igornay, on opérait sur des schistes distillés en cornue verticale; or nous verrons que le rendement des schistes en cornue verticale est notablement inférieur à leur rendement en cornue tournante, de telle sorte qu'ils devaient contenir une plus forte proportion de principes combustibles que ceux que nous avions tenté déjà de faire brûler à l'usine de Lally. De plus les schistes d'Igornay ne contenaient pas de poussières, tandis que ceux de Lally en contiennent une assez forte proportion, comme on l'a vu plus haut. Cependant malgré le désavantage réel des schistes distillés de Lally, au point de vue de la combustion, il semble qu'en recueillant les schistes distillés au sortir de la cornue, pendant qu'ils sont encore à une haute température, et qu'en y insufflant de l'air, on parviendrait à y déterminer une combustion fort utilisable. Ils

présenteraient du moins sur les schistes d'Igornay, tels qu'ils ont été pris pour l'expérience faite dans cette usine, l'avantage d'être à une température élevée et de ne pas avoir absorbé l'eau de la pluie.

Modifications nouvelles introduites dans les fours des cornues tournantes. — Aussi M. Aymard a modifié de nouveau ses fours, ainsi que l'indique la *fig.* 9, Pl. VII. Une des modifications importantes consiste dans l'agrandissement de la partie du four terminée par la trémie inférieure. La trémie a été remplacée par une autre beaucoup plus grande fermée au moyen d'un registre mobile sur des galets, afin qu'on puisse le retirer facilement malgré la charge exercée par les 2 mètres cubes de schistes qui le surmontent. Un peu au-dessus de la trémie est pratiquée dans la maçonnerie une petite ouverture par laquelle on peut introduire un tuyau venant verser dans la masse de schistes un courant d'air envoyé au moyen d'un ventilateur.

Enfin une autre modification consiste dans une nouvelle disposition du foyer qui a été remplacé par deux foyers latéraux faisant avec l'axe de la cornue un angle d'environ 45 degrés. Cette disposition est justifiée par la remarque suivante. La cornue Malo est terminée par deux troncs de cône qui présentent un grand inconvénient au point de vue de l'échauffement égal de la masse de schistes. En effet, cette masse a une plus grande épaisseur dans la partie cylindrique de la cornue que dans les parties coniques où elle va en diminuant de la grande base à la petite base; il en résulte que pour échauffer également le schiste sur toute la longueur de la cornue, il faudrait envoyer le maximum de chaleur sur la partie cylindrique et le minimum sur les parties coniques avoisinant les extrémités. Or dans la disposition du foyer indiquée à la *fig.* 2, on voit que les flammes sortant de ce foyer vont également frapper les parties coniques et l'on arrive ainsi à un résultat inverse de celui que la théorie indique.

De cette mauvaise disposition il résulte que les parties tronc-coniques étant plus échauffées que la partie cylindrique puisqu'elles supportent une moins grande épaisseur de schistes, les huiles volatiles s'échappant par l'axe creux sont soumises à une surélévation de température qni en décompose une portion pour les transformer en gaz. Il eût été certainement facile d'éviter cet inconvénient en faisant des cornues cylindriques sur toute leur longeur, et nous verrons plus loin que des essais ont été effectivement faits dans ce sens ; mais la disposition de M. Malo est nécessaire pour que la cornue puisse se décharger toute seule, les schistes distillés glissant le long des parties tronc-coniques pour venir se déverser par l'ouverture placée sur la partie cylindrique. Dans la nouvelle disposition adoptée par M. Aymard pour les foyers, on concentre le maximum de chaleur sur la partie cylindrique des cornues, en faisant converger les flammes sur cette partie et l'on remédie à peu près à l'inconvénient signalé plus haut.

Cet ensemble de constructions nouvelles est complété par l'installation d'un gazomètre, afin de mieux utiliser les gaz produits par la distillation des schistes. Nous avons montré précédemment que, pendant cette opération, il se dégageait une quantité de gaz égale à 19 ou 20 mètres cubes par mètre cube de schistes. Ces gaz sont retirés au moyen d'un extracteur mû par une locomobile de quatre chevaux et lancés dans un gazomètre d'une capacité d'environ 190 mètres cubes. La dépression produite par l'extracteur ne dépasse pas $0^{m},03$ d'eau. Du gazomètre le gaz est renvoyé dans les foyers des cornues au moyen d'une canalisation afin de pouvoir brûler sous chaque cornue pendant toute la durée de la première phase de la distillation suivante. Sur ce parcours, le gaz traverse un épurateur rempli de coke destiné à retenir toutes les matières condensables qui auraient pu être entraînées. M. Aymard ayant calculé les diamètres des conduites en prenant pour

base la densité des gaz de houille, est arrivé à un résultat beaucoup trop faible, le gaz de schistes ayant une densité supérieure. Les conduites ayant donc un diamètre insuffisant, on est obligé d'exercer sur le gazomètre une forte pression qui n'est pas moins de $0^{m},085$ d'eau. Sous cette pression les pertes de gaz sont assez considérables ; de plus, comme le gazomètre est destiné à recevoir les gaz produits par un groupe de huit cornues contenant en tout 16 mètres cubes de schistes soumis à la distillation et que la quantité de gaz produite par ces huit cornues est de 300 à 320 mètres cubes, le gazomètre ne contenant que 190 mètre cubes est insuffisant à recevoir la totalité du gaz. Aussi lorsque le gazomètre est plein, on est obligé d'ouvrir le tuyau recepteur du gaz et de laisser perdre le tiers environ de la production totale. On ne peut donc disposer par cornue que d'une quantité égale à 23 mètres cubes lorsque la quantité théoriquement disponible devrait être de 38 à 40 mètres cubes, la différence qui n'est pas moins de 15 à 17 mètres cubes provenant soit des fuites, soit de l'insuffisance du gazomètre.

Pour obvier à cette disposition défectueuse, l'usine de Lally vient d'être pourvue d'un nouveau gazomètre (12, *fig.* 1) d'une capacité de 360 mètres cubes et l'ancienne canalisation a été remplacée par des tuyaux d'un diamètre plus considérable. On dispose ainsi d'une capacité totale de 550 mètres cubes suffisante pour les deux groupes contenant en tout seize cornues.

La distillation des schistes opérée avec ce nouveau matériel, sans toutefois employer le ventilateur qui devait servir à insuffler de l'air dans les schistes et qui, jusqu'à ce jour, n'a pas été installé, a donné des résultats assez satisfaisants. Dans les premières distillations on a dû brûler une quantité plus grande de charbon pour dessécher la maçonnerie, mais en allure normale on brûle actuellement un hectolitre de houille pour 2 mètres cubes de schistes distillés.

En résumant les diverses améliorations subies successivement par la cornue tournante, système Malo, au point de vue de la consommation du combustible, on voit que, avec la cornue primitive, sans l'emploi du gaz, on brûlait pour la distillation de 2 mètres cubes de schistes $2^{\text{hect.}},20$ à $2^{\text{hect.}},40$ de houille.

L'abaissement du foyer donnant une économie de 3 à 4 p. 100 a réduit la consommation à $2^{\text{hect.}},10$ et $2^{\text{hect.}},30$.

L'emploi du gaz abaisse de nouveau cette consommation à $1^{\text{hect.}},50$.

Enfin la construction de deux foyers latéraux convergents et l'utilisation des schistes distillés brûlant sous le courant d'air naturel, combinées avec une amélioration dans la quantité des gaz amenés sous les cornues, réduisent la consommation de houille à 1 hectolitre environ.

Donc si l'on ne peut pas affirmer d'une façon absolue que l'opération de la distillation des schistes peut s'effectuer sous l'influence des seuls éléments combustibles provenant de cette opération elle-même, c'est là un résultat dont on peut se rapprocher beaucoup. Nous verrons d'ailleurs plus loin que la cornue tournante Malo paraît encore susceptible de quelques améliorations qui ont été exécutées dans d'autres usines du bassin, au point de vue de sa forme et des dimensions à lui donner.

Emploi du gaz comme combustible. — Il y a lieu de faire remarquer que l'emploi du gaz comme combustible est très-discuté dans le bassin d'Autun. On lui reproche : 1° d'exiger un capital assez considérable pour la construction toujours dispendieuse d'un gazomètre, d'une canalisation et des appareils accessoires ; 2° d'attaquer rapidement le métal des cornues par suite de la présence d'acide sulfureux formé par la distillation des pyrites toujours contenues en grande quantité dans les schistes.

Malgré ces objections qui ne laissent pas que d'être très-sérieuses, nous pensons qu'il y a réellement avantage à ne

pas laisser perdre la quantité énorme de matière combustible fournie par les gaz de distillation, leur utilisation devant racheter certainement d'une façon très-large les inconvénients qu'elle présente.

De plus, cet emploi des gaz peut être susceptible de fournir une certaine quantité d'huiles essentielles. Nous avons vu en effet que la compression à laquelle est actuellement soumis le gaz à l'usine de Lally suffit, quelque faible qu'elle soit, pour produire 1 litre d'essence brute par chaque distillation, soit 760 à 780 grammes pour 23 mètres cubes de gaz retirés, ce qui donne 34 grammes au maximum par mètre cube. Or à l'usine de Charonne près Paris, où l'on fabrique du gaz portatif au moyen des bogheads d'Écosse, on arrive à retirer 80 grammes d'essence par mètre cube de gaz comprimé à 11 atmosphères. A Lally, on pourra arriver à un résultat analogue en disposant, entre l'extracteur de gaz et les gazomètres, une chaudière où l'extracteur enverra les gaz et d'où ils ne pourront s'échapper pour se rendre aux gazomètres qu'en soulevant une soupape chargée à un certain nombre d'atmosphères.

Distillation dans la cornue verticale. — A l'usine de Lally, les premiers appareils employés pour la distillation des schistes étaient des cornues verticales au nombre de 92, dont on ne se sert plus à cause de leur faible rendement et du prix de revient élevé de l'huile extraite.

La cornue verticale (*fig.* 11 et 12, Pl. VII) est un vase en fonte A ayant la forme d'un prisme rectangulaire terminé par une pyramide rectangulaire inférieure. Le prisme supérieur a $1^m,68$ de hauteur, $1^m,30$ de longueur et $0^m,30$ de largeur. La pyramide inférieure a $0^m,95$ de hauteur; la grande base est la section du prisme supérieur et sa petite base est formée par un cercle de $0^m,30$ de diamètre. A la partie supérieure sont disposées deux ouvertures circulaires, l'une servant au chargement du schiste à distiller et l'autre à l'échappement dans le serpentin des produits

volatils. L'ouverture inférieure sert au déchargement des schistes distillés.

La *fig.* 13, Pl. VII, montre la disposition des cornues dans les fours.

L'établissement du prix de revient des huiles brutes fabriquées en cornues verticales nous dispensera d'insister longuement sur un appareil que l'on tend à abandonner de plus en plus.

On chargeait par cornue 6$^{hect.}$,40 de schistes à distiller; la distillation durait vingt-quatre heures. L'eau apparaissait aussitôt après le chargement et le départ de l'huile ne s'effectuait que cinq ou six heures après avec mélange d'eau ; il se produisait en même temps un dégagement abondant de gaz qui était pris au sortir du serpentin et amené directement sous la cornue pour concourir à la distillation. Le tuyau d'arrivée des gaz débouchait, comme le montre la *fig.* 10, Pl. VII, dans une tuyère à double compartiment, le compartiment intérieur servant à l'entrée de l'air destiné à la combustion du gaz. L'utilisation de ces gaz avait d'ailleurs apporté une économie de 50 p. 100 sur la quantité de combustible consommé ; mais il présentait ce grave inconvénient d'attaquer les parois des cornues, bien qu'elles fussent revêtues d'une chemise réfractaire. Un mètre cube de schistes donnait ainsi 40$^{lit.}$,35 d'huile brute à la densité de 888 grammes.

Prix de revient de l'huile brute fabriquée par la cornue verticale. — Le prix de revient des huiles brutes peut s'établir de la façon suivante pour un mètre cube de schistes distillés, d'après des documents relatifs au commencement de l'année 1866.

	francs.
Chauffeurs	0,3072
Nettoyage des fours et manipulations de charbon	0,0657
Chargeurs et défourneurs	0,4398
Casseurs de schistes	0,5111
Roulage et abatage	1,6130
Travaux divers dans la mine	0,1446
Machiniste et receveur au jour	0,2125
Charbon pour l'extraction et la distillation	3,0770
	6,3709

On a donc le prix de 6f,3709 pour une production de 40lit.,35 ; ce qui porte à 0f,1579 le prix du litre d'huile brute. Dans ce prix de revient nous ne faisons pas entrer les frais généraux de surveillance et cependant nous trouvons un prix plus élevé de 0f,04 environ que celui que nous avions trouvé pour la cornue tournante. Il est vrai que l'huile brute fabriquée à la cornue verticale est un peu plus légère puisqu'elle ne pèse que 888 grammes au lieu de 900, mais ce faible avantage ne compense pas le rendement moindre et le prix de revient plus élevé.

Il est facile de se rendre compte de la supériorité de la cornue tournante sur la cornue verticale. Dans la cornue tournante les schistes sont successivement amenés en contact avec les parois chauffées de la cornue, de sorte que toutes leurs parties sont ainsi également soumises à l'action de la chaleur. Dans la cornue verticale au contraire, les schistes placés au milieu ne recevant pas directement l'action de la chaleur sont très-difficiles à échauffer bien que la largeur de la cornue ne soit que de 0m,30 ; il en résulte que pour arriver à une distillation à peu près complète, on est obligé d'élever beaucoup la température; il faut donc une consommation très-forte de combustible produisant une surélévation de température qui facilite la décomposition des huiles dont les vapeurs viennent en contact avec les parois surchauffées de la cornue.

Dans l'état de crise où se trouve actuellement l'industrie des schistes, on ne peut plus songer à établir de nouvelles cornues verticales; cependant pour utiliser le vieux matériel qui existe encore dans beaucoup d'usines, on pourrait appliquer aux cornues verticales la combustion des schistes déjà distillés.

RECTIFICATION DES HUILES BRUTES.

Première opération. Distillation des huiles brutes.—Cette opération consiste en une simple distillation qui se fait dans des chaudières en tôle complétement semblables aux chaudières à vapeur. L'usine de Lally possède cinq chaudières à distillation d'huiles brutes; elles ont 3 mètres de longueur et 1 mètre de diamètre.

On met dans une chaudière de 1.400 à 1.600 litres d'huile brute que l'on soumet à une chaleur aussi uniforme que possible. L'huile distille et les vapeurs, qui deviennent de plus en plus lourdes au fur et à mesure que la distillation avance, viennent se condenser dans un serpentin. Les produits ainsi obtenus sont :

1° Huile à traiter à la densité moyenne de 845 à 850 grammes, obtenue dans la première partie de la distillation;

2° Huile verte à la densité de 900 à 920 grammes, obtenue dans la seconde partie de la distillation ;

3° Goudron à la densité de 970 à 980 grammes restant comme fond de chaudière.

Cette opération doit, pour donner les meilleurs résultats, être conduite lentement et uniformément; elle doit durer de douze à quatorze heures et les produits de la distillation ne doivent pas dépasser un hectolitre par heure.

Frais spéciaux de la première opération. — D'après les renseignements qui nous ont été fournis par M. Aymard, les frais spéciaux à cette opération peuvent s'établir de la façon suivante pour un hectolitre d'huile brute distillée :

	francs.
Main-d'œuvre.	0,1445
0h,19125 charbon à 1f,40.	0.26775
	0,41225

Cet hectolitre donne comme produits :

litres.	
63,79	huile à traiter.
19,61	huile verte.
13.81	goudron.
2,79	perte par évaporation ou manipulation.

Les huiles à traiter sont soumises à l'opération subséquente; les huiles vertes et goudrons sont généralement vendus sans autre traitement.

Appareil à niveau d'évaporation constant et à distillation continue. — M. Malo, l'inventeur de la cornue tournante, a imaginé un appareil à niveau d'évaporation constant et à distillation continue. Cet appareil (voir la *fig.* 1, Pl. VIII) consiste en une chaudière C que l'on alimente de temps en temps avec l'huile brute à distiller; cette chaudière communique par le tube *b* avec un réservoir D, et un second tube *t* fait communiquer la partie supérieure de la chaudière C avec le niveau du liquide dans le réservoir D; de telle façon que, si ce niveau vient à s'abaisser, de l'air peut pénétrer par la partie inférieure du tube *t* et se rendre dans la partie supérieure de la chaudière C. L'huile brute tend alors à descendre par le tube *b* et le niveau remonte dans le réservoir D jusqu'à ce que l'huile, en obturant l'entrée de l'air dans le tube *t*, empêche la descente de l'huile brute. De cette façon, au fur et à mesure que le liquide s'écoule du réservoir D, la chaudière C lui en fournit de façon à y maintenir le niveau constant. Du réservoir D, le liquide se rend par le tube horizontal *d* dans une première chaudière cylindro-conique A où s'opère une première distillation. Les produits de la distillation s'échappent par la tubulure *e*, et vont se condenser dans un serpentin placé dans une bâche

E, remplie d'eau froide pour s'échapper en *e*. Le niveau d'évaporation s'abaissant dans la chaudière A au-dessous de l'ouverture du tube *t*, une nouvelle quantité de liquide à distiller arrive par le tube *d* et le niveau du liquide se maintient ainsi constamment au niveau de l'ouverture inférieure du tube *t*.

Dans la distillation les parties volatiles des huiles à distiller s'échappent par la tubulure *e*, les parties plus lourdes viennent s'amasser dans la partie inférieure de la chaudière A, mise en communication par le tube *g* avec une seconde chaudière B également cylindro-conique comme la première, mais plus petite. Ces parties lourdes tendent alors à remonter par le tube *g* dans la chaudière B, où le niveau du liquide sera à peu près le même que celui qu'il a en A et en D. Dans la chaudière B, les parties lourdes sont encore soumises à une nouvelle distillation pour en séparer de nouvelles parties volatiles qui s'échappent par la tubulure *f* et viennent encore se condenser. Enfin les goudrons et autres parties lourdes qui ont échappé aux deux distillations successives viennent s'écouler par le robinet *h*. Sur le parcours des tubes *e* et *f* qui mènent les produits volatils aux réfrigérants, on peut adapter des tubulures auxiliaires telles que *e'* et *f'* qui peuvent servir à recueillir les produits au fur et à mesure de leur condensation, les huiles les plus légères devant naturellement se condenser les premières. On peut ainsi arriver à fractionner les huiles et à les recueillir par ordre de densité.

Tel qu'il vient d'être décrit, cet appareil n'a pas encore été employé. Mais en faisant abstraction de la chaudière B, on a également un appareil à distillation continue qui a été essayé à l'usine de Millery. Malgré l'idée ingénieuse, qui a présidé à cette invention et malgré l'avantage qu'il paraît présenter sur la chaudière ordinaire au point de vue de la continuité de la distillation et de l'économie de main-d'œuvre, il a été impossible de rendre cet appareil

pratique et l'essai en a présenté de sérieuses difficultés. Supposons en effet qu'il soit appliqué à la distillation des huiles brutes; dans cette opération on cherche à produire des huiles à traiter ayant une densité moyenne déterminée. Or, pour arriver à cette densité, il faut que la quantité de combustible chargée et que l'ouverture du robinet servant à l'écoulement des produits lourds par la partie inférieure soient réglées de telle façon que le filet d'huile condensée présente constamment la densité voulue. C'est là un résultat qu'il est presque impossible d'obtenir en pratique; suivant l'intensité du feu, il faut ouvrir plus ou moins le robinet d'écoulement des produits lourds et il faut à chaque instant peser les produits condensés afin de savoir si la distillation s'exécute toujours dans des conditions normales. Aussi l'essai de cet appareil à l'usine de Millery a donné lieu à une dépense de main-d'œuvre bien plus considérable que la distillation dans les chaudières ordinaires et l'on a été conduit à y renoncer.

Nous avons cependant vu fonctionner cet appareil chez MM. Revenu frères à Autun, qui utilisent dans leurs usines les huiles lourdes pour la fabrication de la paraffine. La chaudière à distiller, au lieu de contenir 600 litres, comme dans la *fig.* 1, ne contenait que 250 à 300 litres. Elle peut distiller de 4.000 à 4.500 litres d'huiles par vingt-quatre heures et peut marcher quinze jours sans discontinuité. Seulement il faut dire que, chez MM. Revenu frères, les huiles lourdes ou vertes sont distillées pour obtenir des huiles paraffinées pour lesquelles il importe peu d'avoir une densité constante.

Il semble donc résulter de là que l'appareil à niveau constant et à distillation continue de M. Malo peut s'appliquer à la distillation des huiles les plus lourdes provenant du traitement des schistes. Il ne pourrait que difficilement s'appliquer à la distillation des huiles brutes et plus difficilement encore à la distillation des huiles

légères où un autre inconvénient vient s'ajouter à ceux déjà signalés. Dans la distillation pour les huiles marchandes, on doit s'appliquer autant que possible à fabriquer des huiles légères incolores. Ce résultat est impossible à obtenir avec l'appareil de M. Malo, car le liquide à distiller, qui alimente la chaudière de distillation, arrive tout près de la surface d'évaporation et, dans le mouvement d'ébullition, des particules de ce liquide sont entraînées et viennent colorer les produits condensés.

Améliorations à faire subir au matériel de distillation. — Il ne faut pas croire cependant que le matériel de distillation dont on se sert dans le bassin d'Autun ne soit pas susceptible d'importantes améliorations. En effet, les principes à observer dans cette opération sont les suivants : 1° Avoir la plus grande surface d'évaporation possible afin qu'une ébullition tumultueuse n'entraîne pas les parties lourdes toujours fortement colorées. 2° Ne faire circuler les flammes ou autres gaz provenant de la combustion du charbon sur les foyers que sur les parties de la chaudière qui sont constamment en contact avec le liquide à distiller, afin que, dans l'abaissement du niveau de ce liquide, ces flammes ne viennent pas surchauffer les parois de la chaudière qui opèrent alors une décomposition des produits volatils et les transforment en gaz. 3° Faire en sorte que la chaleur employée à la distillation soit aussi uniforme que possible afin d'assurer ainsi l'uniformité des produits. 4° Employer enfin des récipients aussi grands que possible afin que, pour la même quantité de liquide à distiller, on puisse éviter un grand nombre de manipulations qui entraînent toujours des pertes de liquide, de main-d'œuvre et de calorique.

Pour arriver à la solution de ce problème on pourrait employer de grandes chaudières à faces planes telles que les chaudières à tombeau, chauffées à leur partie inférieure seulement au moyen des gaz dégagés pendant la distillation

des schistes et dont on pourrait régler facilement la dépense de façon à avoir une chaleur très-uniforme. L'emploi de tels récipients serait surtout favorable à la production des huiles marchandes pour lesquelles on doit chercher à avoir une très-grande uniformité de fabrication. Mais les chaudières à tombeau peuvent présenter l'inconvénient de se brûler facilement, car on a remarqué que le goudron qui se dépose peu à peu dans le fond de la chaudière a une tendance à s'attacher et à se sécher sur la tôle. Cet inconvénient se présente surtout lorsque l'on vide la chaudière à la fin de chaque opération; on est alors obligé en effet de la laisser refroidir complétement afin que les goudrons ne puissent pas prendre feu à l'air. Dans cette période de refroidissement le résidu devient plus visqueux surtout au fond de la chaudière et, au bout de plusieurs opérations, il finit par se fixer sur la tôle une couche de goudron qui en séchant joue le rôle des dépôts dans les chaudières à vapeur; de là déperdition de calorique et détérioration de la tôle. Dans une nouvelle usine de rectification que M. Aymard vient de faire construire près de la gare de Saint-Léger-Sully, cet ingénieur a remédié à cet inconvénient en ne laissant refroidir les résidus que trois ou quatre heures et en les lâchant, lorsqu'ils sont encore à une haute température, dans une bâche entièrement fermée et munie à sa partie supérieure d'un tube se rendant dans un serpentin pour offrir un dégagement aux gaz dégagés par ces résidus et pour condenser ceux qui en sont susceptibles. Il résulte de là une plus grande rapidité dans la succession des opérations et une notable économie de combustible. De plus, on a installé dans cette nouvelle usine des chaudières à distillation cylindriques, mais d'une plus grande capacité que celles employées à l'usine de Lally; car elles ont 1m,80 de diamètre sur 3 mètres de longueur. Aussi peut-on y mettre une charge d'environ 5.700 litres d'huile brute; par ces améliorations, on peut estimer que, outre l'économie

de main-d'œuvre, la consommation de combustible doit se trouver réduite de 50 p. 100 environ.

Distillation sous pression. — A l'usine de Lally, M. Aymard a essayé de distiller des huiles brutes sous une certaine pression, mais une fuite s'étant déclarée dans l'appareil et ayant fait craindre un incendie, il n'a pas été donné suite à cette expérimentation. Quoiqu'il en soit, il est probable que la distillation faite dans ces conditions pourrait donner des huiles plus légères, la compression pouvant s'opposer jusqu'à un certain point à la formation des gaz.

Deuxième opération. Traitement des huiles à traiter. — Les huiles à traiter sont versées dans des bacs en tôle ayant la forme de caisses rectangulaires ouvertes à leur partie supérieure et se terminant à leur partie inférieure par un demi-cylindre à base circulaire. Ces bacs ont $1^m,55$ de longueur, $1^m,20$ de largeur et $1^m,20$ de hauteur. Chacun d'eux est muni d'agitateurs fixés sur un arbre mis en mouvement au moyen d'une manivelle, et peut contenir de 1.600 à 1.700 litres d'huile à traiter. On y verse ensuite 2,40 à 2,70 p. 100 en volume d'acide sulfurique à la densité de 1.860 grammes marquant 66 degrés à l'aréomètre. On met l'agitateur en mouvement et, lorsque toute la masse a été soumise pendant deux heures à ce brassage, on laisse déposer pendant quatre heures au minimum et, au moyen d'un robinet placé à la partie inférieure du bac on enlève tous les goudrons acides qui se sont formés dans ce traitement. On ajoute alors de nouveau 1,60 à 1,80 p. 100 d'acide sulfurique et l'on recommence l'opération du brassage et du décantage en observant les mêmes limites de temps.

Après ce premier traitement, les huiles sont versées dans un autre bac avec 20 ou 25 p. 100 d'eau en volume et on les soumet à un brassage d'une heure; on laisse ensuite reposer et l'on fait écouler par le robinet inférieur les eaux de lavage. On jette alors dans le bac 3 p. 100 du volume de l'huile, de lessive de soude à la densité de 1.360 grammes

marquant 36 degrés à l'aréomètre; on agite ce mélange pendant une heure et demie; on laisse reposer de nouveau et l'on sépare les goudrons basiques formés dans cette opération.

Les huiles ainsi obtenues sont ensuite soumises à la troisième opération.

Frais spéciaux de la seconde opération. — Les frais spéciaux à cette deuxième opération peuvent s'établir de la manière suivante pour 1 hectolitre d'huile à traiter:

	francs.
Main-d'œuvre	0,255
7k,78 acide sulfurique à 18 francs le quintal métrique	1,40
2k,52 soude à 30 francs le quintal métrique	0,755
	2,410

Un hectolitre d'huile traitée donne comme produits 85lit,27 d'huile à distiller et des goudrons acides et basiques.

Amélioration à apporter dans la deuxième opération. — Le traitement des huiles par l'acide et par la soude pourrait être susceptible d'une grande amélioration; la série des lavages à l'acide, à l'eau et à la soude montre combien l'huile, à la température ordinaire, est rebelle à l'action des agents chimiques. Il est permis de supposer qu'il ne doit pas en être ainsi à une haute température; il suffirait alors d'imaginer un appareil disposé au-dessus du serpentin d'une chaudière de distillation des huiles brutes et laissant échapper dans la partie de ce serpentin voisine de sa tubulure avec la chaudière, un filet d'acide ou de soude, suivant qu'on le jugerait convenable. Ce filet réglé convenablement serait ainsi mis en présence avec les vapeurs d'huile, agirait sur ces vapeurs au fur et à mesure de leur condensation et se mélangerait à l'huile en contact intime sur toute la longueur du serpentin.

Une expérience dans ce sens a été faite par M. Aymard

dans sa nouvelle usine; par un petit trou pratiqué à la partie supérieure d'un serpentin, on y a introduit un petit filet de soude au moyen d'un entonnoir; les huiles ainsi traitées recueillies à leur sortie du serpentin étaient moins lourdes et moins colorées que celles que l'on obtient par le traitement ordinaire. Cette expérience n'a pas été faite d'une façon assez suivie pour qu'on puisse encore en tirer des conclusions bien nettes; mais il est déjà permis de croire que ce mode d'opérer, tout en donnant des produits supérieurs, permettrait de gagner du temps en conduisant cette seconde opération parallèlement à la prenière et d'économiser tout un matériel d'agitateurs dont la mise en mouvement exige une certaine installation et une dépense de force assez considérable.

Utilisation des goudrons acides. — On a longtemps cherché des moyens d'utiliser les goudrons acides qui se forment dans cette seconde opération; ces goudrons sont un embarras pour les usines autour desquelles ils causent quelquefois des dommages en se déversant dans des cultures voisines. Jusqu'à ce jour on les brûlait en plein air, et M. Aymard avait cherché à utiliser cette chaleur pour produire de la vapeur; il employait une chaudière ordinaire recouverte d'une chemise de briques destinée à la protéger contre les vapeurs corrosives des goudrons employés comme combustibles. Mais cet ingénieur a trouvé depuis lors que ce goudron maintenu à une température de 50 à 60 degrés donne naissance à deux produits : le produit le plus léger est formé par des huiles très-colorées que l'on a avantage à faire repasser à la rectification; au-dessous on trouve un goudron acide beaucoup moins fluide que le goudron primitif. La quantité d'huile que les goudrons acides peuvent ainsi entraîner est variable avec la température à laquelle ils ont été formés; ainsi, en hiver, cette quantité est plus forte qu'en été parce que les goudrons formés sont moins fluides, mais elle n'est jamais

inférieure à 4 ou 5 p. 100 du volume des goudrons. On a donc un grand avantage à retirer ces huiles.

Quant au goudron acide qui reste comme résidu, il serait peut-être possible, en le mélangeant à une certaine quantité de calcaire pulvérisé, d'arriver à le neutraliser et à former un calcaire bitumineux analogue aux asphaltes de Seyssel qui se vendent dans le commerce sous forme de pains moulés. Comme il est compacte, il brûle difficilement et il faut le mélanger avec une certaine quantité de mâchefers pour le rendre combustible; on peut alors l'employer à la cuisson de la chaux. Des essais faits dans ce sens ont très-bien réussi.

En ce qui concerne les goudrons de soude, il y a lieu de remarquer qu'ils se forment en quantité très-faible. La soude agit de deux façons sur les huiles; elle commence par leur enlever tout l'acide libre qui leur est mélangé par suite du traitement à l'acide; ensuite elle agit elle-même sur les huiles à la façon des acides, mais beaucoup plus faiblement, pour former des goudrons basiques. Les goudrons de soude se composent donc de sulfate de soude, de goudron de soude, d'une certaine quantité de soude libre et enfin d'une très-faible proportion d'huile entraînée. Grâce à la quantité de soude libre qu'ils renferment, ces goudrons peuvent être employés plusieurs fois de suite au traitement des huiles et, tant que la soude n'est pas complétement neutralisée, ils agissent sur l'acide libre qui reste dans l'huile pour le transformer en sulfate de soude. Il se fait en ce moment des essais à Lally pour pouvoir régénérer ce sulfate de soude par une digestion en présence de la chaux de telle façon que, par la fabrication de la chaux, les goudrons acides serviraient à régénérer les goudrons de soude.

Troisième opération. Distillation des huiles traitées. — Cette opération est identique à la première. Elle se fait dans des chaudières qui ont 2^{m},20 de longueur sur 1^{m},25 de diamètre et qui sont au nombre de quatre.

Frais spéciaux de la troisième opération. — Les frais spéciaux à cette opération peuvent s'établir de la manière suivante pour 1 hectolitre d'huile traitée :

Main-d'œuvre.	0,1445
$0^{h},2100$ charbon à $1^{f},40$.	0,294
	0,4385

Un hectolitre d'huile traitée donne comme résultats de la distillation :

litres.
59,03 d'huile légère à la densité de 800 grammes.
30,98 d'huile lourde d'une densité variable, égale en moyenne à 870 grammes.
7,59 de résidus.
2,40 de pertes par évaporation ou manipulation.

Relativement au matériel employé, nous ferons les mêmes observations que pour les chaudières à distiller employées pour la première opération.

Les huiles légères sont livrées au commerce après mélange avec des huiles d'une densitée de 840 à 845 grammes fabriquées au moyen des huiles lourdes ainsi que nous allons le voir.

Les résidus sont livrés directement au commerce.

Quatrième opération. Traitement des huiles lourdes.—Ce traitement est analogue à celui des huiles à traiter provenant de la distillation des huiles brutes. Les proportions d'acide et de soude sont moindres, mais l'opération se fait dans les mêmes conditions.

Frais spéciaux de la quatrième opération. — Les frais spéciaux à cette opération peuvent s'établir de la manière suivante pour 1 hectolitre d'huile lourde :

	francs.
Main-d'œuvre.	0,25
$4^{k},43$ acide sulfurique à 18 francs le quintal métrique.	0.7974
$2^{k},02$ soude à 30 francs le quintal métrique.	0,606
	1,6534

Un hectolitre d'huile lourde traitée donne 95$^{lit.}$,04 d'huile lourde traitée à distiller et des goudrons acides et basiques.

Cinquième opération. Distillation des huiles lourdes traitées. — Cette distillation s'opère comme celle des huiles traitées; elle s'effectue d'ailleurs dans les mêmes chaudières.

Frais spéciaux de la cinquième opération. — Les frais spéciaux à cette opération peuvent s'établir de la manière suivante pour 1 hectolitre d'huile lourde traitée :

	francs.
Main-d'œuvre.	0,1445
0^{h},235 charbon à 1^{f},40.	0,3290
	0,4735

Un hectolitre d'huile lourde traitée donne à la distillation :

litres.	
61,80	d'huile légère dont la densité varie de 845 à 850 grammes.
26,92	d'huile blonde dont la densité varie de 880 à 890 grammes.
8,48	de résidus.
2,80	de perte à la distillation et aux manipulations.

Les huiles légères dont la densité est de 845 à 850 grammes sont mélangées aux huiles légères produites dans la troisième opération et dont la densité n'est que de 800 grammes. Ce mélange est fait dans des proportions telles qu'il ait une densité de 820 grammes, et il est livré au commerce dans cet état.

Méthode des mélanges. Ses avantages. — Dans la troisième opération, nous avons vu que l'on ne considère comme huiles légères que les premiers produits de la distillation formant une masse dont la densité est de 800 grammes. Cette densité atteinte, tous les produits subséquents sont considérés comme huiles lourdes. Autrefois on considérait comme huiles légères les premiers produits formant une masse d'une densité moyenne de 820 grammes à laquelle elle était livrée au commerce sans mélange. Ce n'était

qu'après avoir atteint cette densité que l'on obtenait des huiles lourdes. Il est facile de voir que cette dernière méthode, employée encore dans quelques usines, donne des résultats inférieurs à la méthode des mélanges. Cela résulte de l'inspection du tableau suivant, établi d'après des observations faites à l'usine de Lally, dans une distillation d'huiles traitées se rattachant à la troisième opération. On avait en chaudière une quantité de 1.400 litres d'huiles traitées à la densité de 834 grammes ; pendant la distillation de ces huiles, on observait, chaque fois que le serpentin avait fourni 50 litres d'huile distillée, la densité du filet d'huile fourni par le serpentin et la densité de la masse distillée. Ces résultats sont consignés dans le tableau suivant, où la première colonne représente le volume d'huile écoulé par le serpentin, la deuxième la densité du filet d'huile fourni par ce serpentin après ce volume écoulé, et la troisième la densité moyenne de tout le volume d'huile écoulé par le serpentin.

VOLUME écoulé. 1	DENSITÉ du filet. 2	DENSITÉ de la masse. 3	VOLUME écoulé. 1	DENSITÉ du filet. 2	DENSITÉ de la masse. 3
50	772	766	650	825	794
100	774	768	700	830	795
150	776	772	750	836	798
200	782	773	800	842	800
250	786	774	850	846	804
300	788	776	900	852	808
350	796	780	950	856	810
400	800	782	1.000	862	812
450	804	784	1.050	866	815
500	812	786	1.100	872	817
550	818	790	1.150	879	820
600	822	792			

Dans ce tableau nous voyons que, d'après la méthode des mélanges, on considère comme huile légère les 800 premiers litres écoulés puisque la densité de la masse écoulée est égale à 800 grammes. Tout ce qui s'écoule ensuite est considéré comme huile lourde. Ces huiles lourdes, soit qu'elles proviennent de plusieurs distillations d'huiles

traitées, soit qu'elles soient achetées dans les autres usines, sont reprises par un traitement (quatrième opération) et soumises ensuite à une nouvelle distillation (cinquième opération) ; ces huiles lourdes ainsi réunies et mises en chaudières ont donné à la distillation, pour une quantité de 1.400 litres, les résultats suivants :

VOLUME écoulé 1	DENSITÉ du filet. 2	DENSITÉ de la masse. 3	VOLUME écoulé. 1	DENSITÉ du filet. 2	DENSITÉ de la masse. 3
50	824	816	350	854	836
100	832	822	400	858	838
150	838	826	450	860	840
200	840	830	500	862	842
250	846	832	550	862	842
300	850	834	600	863	845
			650	etc.	etc.

De l'inspection de ces deux tableaux, il est facile de déduire que l'huile donnée par la méthode des mélanges doit être plus uniforme et moins colorée que celle donnée par l'autre méthode ; on voît en effet que le filet le plus dense dans la première méthode pèse 863 tandis que dans la seconde méthode il pèserait 879, et la coloration des huiles augmente avec leur densité. D'ailleurs ce dernier résultat est facile à constater directement, car si l'on divise par la pensée les huiles du premier tableau en deux parties, on voit que la première partie se compose de 800 litres d'huile à la densité de 800 grammes et que la deuxième partie se compose de 350 litres d'huile dont la densité est de :

$$\frac{(50 \times 846) + (50 \times 852) + (50 \times 856) + (50 \times 862) + (50 \times 866) + (50 \times 872) + (50 \times 879)}{350} = 861^{gr},85$$

Ainsi l'huile légère donnée par l'ancienne méthode peut être considérée comme un mélange d'huile à la densité de 800 grammes et d'huile à la densité de $861^{gr},85$; tandis que l'huile légère donnée par la méthode des mélanges est un mélange d'huile à 800 grammes et d'huile à 845 grammes.

Il est facile de vérifier d'ailleurs que ce dernier mélange donne bien à la masse une densité moyenne de 820 grammes, car on a :

$$\frac{(800 \times 800) + (600 \times 845)}{1.400} = 819^{g},28,$$

résultat peu différent de 820 grammes.

Un autre avantage de la méthode des mélanges consiste dans l'utilisation des huiles lourdes et dans leur transformation en huiles légères et en huiles blondes, ces dernières pouvant donner des huiles à graisser, tandis qu'il est assez difficile dans le commerce de se débarrasser des huiles lourdes, qui sont trop lourdes pour servir à l'éclairage et trop légères pour être utilement employées à la fabrication des graisses.

Sixième opération. Traitement des huiles blondes. — Les huiles blondes provenant de l'opération précédente, et dont la densité varie de 880 grammes à 890 grammes, sont traitées à leur tour aux agitateurs d'abord avec 2 p. 100 en volume d'acide sulfurique, ensuite par un lavage à l'eau et enfin par 1 1/2 p. 100 en volume de soude.

Frais spéciaux de la sixième opération. — Les frais spéciaux à ce traitement peuvent s'établir de la façon suivante pour un hectolitre d'huile blonde à traiter :

	francs.
Main-d'œuvre.	0,22
4^{k},098 acide sulfurique à 18 fr. les 100^{k}.	0,72964
2^{k},260 soude à 30 fr. les 100^{k}.	0,678
	1,62764

On obtient par ce traitement :

94^{lit},96 d'huile à graisser et une certaine proportion de goudrons acides et de goudrons basiques.

D'ailleurs cette dernière opération n'est faite que suivant les besoins commerciaux, et l'on a souvent avantage à livrer les huiles blondes au commerce sans leur faire subir cette dernière transformation.

PRODUITS DÉFINITIFS ET PRIX DE REVIENT DE LA FABRICATION.

Prix de revient de l'huile légère. Considérations économiques. — D'après ces divers renseignements, établissons la quantité des divers produits marchands fournis par 1 hectolitre d'huile brute et le prix de revient total de leur fabrication.

Un hectolitre d'huile brute donne 63[lit],79 d'huile à traiter, 19,61 d'huile verte et 13,81 de goudron.

Les 63[lit],79 d'huile à traiter donnent :

$$(63,79 \times 0^{\text{lit}},8527) \text{ d'huile traitée, soit } 54^{\text{lit}},39.$$

La quantité d'huile légère provenant des troisième et cinquième opérations est donc égale à :

$$54^{\text{lit}},39\,(0,5903 + 0,3098 \times 0,9504 \times 0,6180) = 42^{\text{lit}},00.$$

En supposant que l'huile blonde soit livrée au commerce sans être transformée en huile à graisser, cette quantité d'huile blonde résultant de la cinquième opération sera égale à :

$$54^{\text{lit}},39 \times 0,3098 \times 0,9504 \times 0,2692 = 4^{\text{lit}},31.$$

La quantité de résidus provenant des troisième et cinquième opérations est égale à :

$$54^{\text{lit}},39\,(0,0759 + 0,3098 \times 0,9504 \times 0,0848) = 5^{\text{lit}},49.$$

Un hectolitre d'huile brute donne donc :

		litres.
	Huile légère à 820 grammes environ. . . .	42,00
	Huile blonde à 885 grammes environ.	4,31
Bas produits.	Résidus.	5,49
	Huile verte.	19,61
	Goudron.	13,81
		85,22

La perte au traitement est donc de $14^{\text{lit}},78$ en y comprenant les goudrons acides et basiques.

Les frais de fabrication, en les rapportant toujours à 1 hectolitre d'huile brute, seront les suivants :

			francs.
1re opération.	Main-d'œuvre		0,1445
	Combustible		0,26775
2e opération.	Main-d'œuvre	0,255 × 0,6379	= 0,1627
	Acide sulfurique	1,40 × 0,6379	= 0,893
	Soude	0,755 × 0,6379	= 0,4816
3e opération.	Main-d'œuvre	0,1445 × 0,6379 × 0,8527	= 0.0786
	Combustible	0,294 × 0,6379 × 0,8527	= 0,1599
4e opération.	Main-d'œuvre	0,25 × 0,6379 × 0,8527 × 0,3098	= 0,042
	Acide sulfurique	0,7974 × 0,6379 × 0,8527 × 0,3098	= 0,1344
	Soude	0,606 × 0,6379 × 0,8527 × 0,3098	= 0,0121
5e opération.	Main-d'œuvre	0,1445 × 0,6379 × 0,8527 × 0,3098 × 0,9504	= 0,0231
	Combustible	0,329 × 0,6379 × 0,8527 × 0,3098 × 0,9504	= 0,0527

Comme précédemment, nous faisons abstraction de la sixième opération et nous supposons que l'huile blonde est livrée directement au commerce.

En résumé, les frais de fabrication pour un hectolitre d'huile brute sont :

	francs.
Main-d'œuvre	0,451
Combustible	0,480
Acide sulfurique	1,027
Soude	0,494
	2,452

A ces frais il faut encore ajouter les frais d'une petite manipulation que l'on fait subir aux huiles légères avant de les livrer au commerce. Ces huiles tendent à s'altérer un peu en magasin et à prendre une légére couleur jaunâtre ; on évite cet inconvénient en les traitant dans les

agitateurs et de la même façon qui a été indiquée plus haut avec environ 1 p. 100 en volume de soude. On laisse reposer après agitation et on laisse écouler une certaine quantité de goudrons basiques qui se forment dans l'opération.

On reproche à cette façon d'opérer de laisser une certaine quantité de soude dans les huiles; pendant leur combustion cette soude encrasse la mèche de la lampe que l'on est obligé de couper assez souvent. Mais elle donne aux huiles une grande limpidité et une certaine fixité qui les fait plus facilement accepter dans le commerce.

Les frais de cette manipulation sont pour un hectolitre d'huile légère à fixer :

	francs.
Main-d'œuvre.	0,025
1k,7086 soude.	0,51258
	0,53758

Un hectolitre d'huile légère se réduit à 98lit.,20 et la perte est de 1lit.,80 provenant de la formation de goudrons basiques.

En tenant compte de cette dernière manipulation, les frais de fabrication sont augmentés de $0^f,53758 \times 0,42 = 0^f,2258$, ce qui les porte à 2f,678 et d'un autre côté les 42 litres d'huile légère sont réduits à 42 litres $\times 0,982 = 41^{lit.},244$.

Si nous supposons que l'usine de distillation livre à l'usine de rectification l'huile brute à raison de 15 francs l'hectolitre en ajoutant cette somme aux frais de fabrication, on a 17f,678.

En considérant les bas produits comme accessoires d'une fabrication qui a pour objet principal la production de l'huile légère, il nous sera facile d'avoir le prix de revient de cette dernière.

En effet, l'huile blonde vaut 22 francs l'hectolitre, les

résidus et l'huile verte valent 10 francs, le goudron vaut 9 francs les 100 kilogrammes ou environ 8f,80 l'hectolitre.

	francs.
Les 4lit,31 d'huile blonde donnés par 1 hectolitre d'huile brute valent donc.	0,9482
Les 5lit,49 de résidus valent.	0,549
Les 19lit,61 d'huile verte valent.	1,961
Les 13lit,81 de goudron valent.	1,2153
De 17f,678 retranchons.	4,6735

et nous voyons que le prix de revient de l'huile légère est de 13f,004 pour les 41lit.,244 donnés par 1 hectolitre d'huile brute.

A cette somme il faut encore ajouter la moitié des traitements du directeur, du comptable et du surveillant de jour qui est de 0f,2757 par mètre cube de schiste distillé. Un mètre cube produisant 50lit.,93 d'huile brute, les frais de surveillance incombant à 1 hectolitre d'huile brute et par conséquent à 41lit.,244 d'huile légère, seront égaux à 0f,5413. 41lit.,244 d'huile légère reviennent donc à 13f,545 ; ce qui donne 32f,84 pour l'hectolitre.

Or les huiles légères, à la densité de 820 grammes, se vendent actuellement 35 francs l'hectolitre au maximum, ce qui donnerait un prix de vente de 14f,44 pour 41f,244 d'huile légère provenant de la rectification d'un hectolitre d'huile brute. Le bénéfice de la rectification serait donc de 0f,895 par hectolitre d'huile brute. Or nous avons vu qu'un hectolitre d'huile brute revient à 11f,20 environ. Cet hectolitre étant vendu au prix de 15 francs à l'usine de rectification, on aurait un bénéfice de 3f,80 par hectolitre d'huile brute. La somme des bénéfices réalisés par les usines de distillation et de rectification serait donc de 4f,695 par hectolitre d'huile brute fabriquée.

Nous remarquerons que dans l'établissement des prix de revient, nous n'avons pas tenu compte des frais généraux comprenant l'entretien du matériel et des bâtiments, l'in-

térêt du capital, les impôts et locations de terrains, les secours aux ouvriers, les frais de commerce et d'administration.

	francs.
Or le capital engagé est de 450.000 francs, dont les intérêts sont, à 5 p. 100 par an, de	22.500
Impôts et subventions pour chemins.	2.000
Secours aux ouvriers.	1.500
Entretien du matériel et des bâtiments.	3.000
Frais de commerce et administration, non-valeurs, etc.	15.000
Total.	44.000

Ces chiffres ne sont qu'approximatifs, car on n'en tient pas compte.

Or l'usine de Lally a produit en 1868 une somme de 327.450 litres d'huile brute. Elle pourrait en produire beaucoup plus, mais les débouchés actuels ne seraient pas suffisants. En admettant une production de 3.500 hectolitres par an, chaque hectolitre d'huile brute aurait à supporter une somme d'environ 12f,50 pour sa part de frais généraux. La perte serait donc d'environ 7f,80 par hectolitre, soit 27.300 francs par an. Il est vrai d'ajouter que le capital de 450.000 francs engagé dans cette affaire est très-considérable à cause des tâtonnements qui se sont nécessairement produits au début de l'installation de l'usine. C'est ainsi que l'établissement des 92 cornues verticales devrait se déduire de cette somme, puisque ces cornues ne sont plus utilisées. Mais quoi qu'il en soit, il est certain qu'au prix de vente actuel des huiles de schiste, l'usine de Lally est destinée à péricliter, d'autant plus que nous n'avons pas tenu compte de l'amortissement du capital qui augmenterait encore le prix de revient à cause de l'usure rapide du matériel et des dangers d'incendie qui sont tels que toutes les compagnies d'assurances refusent d'assurer les usines à schiste.

CONCESSION D'IGORNAY.

L'usine d'Igornay est établie sur le lieu même de l'extraction des schistes qu'elle traite. Ces schistes sont fournis par trois couches qui viennent affleurer près de l'usine, à peu de distance des porphyres qui limitent le bassin au N.

La couche supérieure a une épaisseur de 3 mètres à $3^m,50$.

La couche moyenne, dont l'épaisseur est de $2^m,30$, est séparée de la supérieure par des bancs de schistes pauvres dont l'épaisseur est de $1^m,80$ à $2^m,50$.

La couche inférieure a 3 à 4 mètres de puissance et est séparée de la moyenne par $2^m,80$ à 3 mètres de schistes pauvres.

La couche supérieure est assez uniforme comme qualité; les deux autres varient beaucoup d'un point à un autre et il est nécessaire que le triage en soit soigné.

Les portions actuelles des couches exploitées sont voisines des affleurements et du soulèvement porphyrique qui les a probablement amenées au jour; par suite de ce voisinage, ces parties sont accidentées. Il est probable qu'on retrouverait ces couches dans des conditions plus tranquilles vers le sud de la concession, mais le prix d'extraction serait naturellement augmenté par l'accroissement de profondeur.

L'usine possède 60 cornues verticales pour la distillation des schistes et 9 chaudières pour la rectification des huiles.

Un mètre cube de schiste pesant environ 1.120 kil. rend en moyenne 45 litres d'huile brute ayant une densité de 840 à 842 grammes.

D'après ces données, il est facile de voir que l'usine d'Igornay se trouve dans des conditions d'existence encore plus difficiles que celles de l'usine de Lally. Le minerai, il est vrai, est un peu plus riche puisque celui de Lally ne donne que $40^{lit},35$ en cornue verticale; l'huile brute obtenue a également une plus grande valeur à cause de sa légèreté

plus grande. Mais les frais de production en cornue verticale sont trop considérables pour que la distillation puisse donner des huiles brutes à un prix rémunérateur. Il faudrait donc transformer l'usine d'Igornay et adopter le système des cornues tournantes avec utilisation des schistes distillés et du gaz pour la combustion. Ce serait un nouveau capital assez considérable à engager dans cette affaire, et il est certain que le directeur de cette usine, M. Roche, reculera devant ces nouvelles dépenses tant que cette industrie sera en souffrance.

Essai d'un nouvel appareil pour la distillation des schistes. — Pour sortir de la position difficile où il se trouve, position d'autant plus critique que son matériel de cornues verticales est en assez mauvais état, M. Roche a fait quelques efforts pour trouver un nouveau mode de distillation des schistes dans des conditions économiques. Ce mode de distillation est fondé sur la combustion des schistes sous un appel d'air forcé.

L'appareil employé dans ce but (voir la *fig.* 2, Pl. VIII) se compose d'un grand cubilot à double enveloppe A. L'enveloppe intérieure est formée par un cylindre de 5 mètres de hauteur et de $1^{m},20$ de diamètre terminé à sa partie inférieure par une partie tronc-conique supportée par une voûte en maçonnerie et des armatures en fer. Au-dessous de la voûte, l'appareil se termine par une trémie cylindrique B fermée par un registre. L'enveloppe extérieure est formée par un second cylindre concentrique au premier et laissant un espace annulaire de $0^{m},20$. Au moyen de la trémie supérieure C, on peut recevoir dans le cylindre intérieur une charge de 6 mètres cubes de schistes ; la charge opérée, on met par-dessus le schiste une certaine quantité de combustible enflammé et l'on produit une aspiration de haut en bas au moyen de 4 souffleurs à vapeur surchauffée placés sur 4 conduits en fonte *e,e,e,e*, venant s'adapter à la trémie B.

Chacun de ces souffleurs (*fig.* 3, Pl. VIII) est composé d'une petite buse *a*, mise en communication par le tuyau *b* avec les 2 sur-chauffeurs B,B et la chaudière A (*fig.* 5, 6, 7 et 8, Pl. VII), dont nous avons déjà vu l'emploi pour l'utilisation des schistes déjà distillés comme combustibles. En ouvrant communication de la vapeur surchauffée, cette dernière s'échappe avec violence par la buse *a* dans le tube *d* et produit un appel des gaz contenus dans le tube *e*. Ce tube *e* est en communication avec la trémie inférieure du cubilot et l'appel se communique ainsi dans la masse de schistes. Sous l'influence de l'aspiration, la combustion se propage de haut en bas ; des trous ménagés à la partie supérieure du cylindre intérieur et dans le couvercle de la trémie C permettent à l'air d'alimenter cette combustion. La masse schisteuse ainsi soumise progressivement à une haute température laisse dégager successivement les produits volatils qui viennent se condenser partiellement dans le bas du cubilot et dont l'autre partie entraînée par les soufflards va s'échapper par les tubes *d* qui communiquent avec une série de serpentins d'une grande puissance réfrigérante dans lesquels elle vient se liquéfier.

Dans l'espace annulaire D compris entre les deux enveloppes concentriques, on a soin de mettre de l'eau afin de protéger la tôle ; la vapeur produite par cette eau peut être amenée par le tuyau E aux surchauffeurs et de là envoyée aux soufflards pour concourir à l'opération. Cette sorte de chaudière verticale à foyer intérieur est d'ailleurs munie des appareils de sûreté ordinaires.

Imperfections de cet appareil. — Des expériences faites avec cet appareil n'ont donné aucun résultat satisfaisant ; la qualité des produits fournis par la distillation et le rendement des schistes n'ont pas pu être constatés à cause de diverses imperfections.

La première imperfection consiste en ce que l'aspiration produite dans le cubilot est nulle, lorsque les tubes *d* sont

placés devant les soufflards; de sorte que le mouvement d'appel, indiqué par la flèche dans le tube *e*, ne se produit pas. Ce résultat pouvait être très-bien constaté au moyen d'un tube en verre ouvert aux deux bouts que l'on ajustait verticalement, au moyen d'un bouchon, en dessous du couvercle de la trémie B. Par ce tube s'écoulait de l'eau provenant de la distillation et l'écoulement se faisait dans les conditions ordinaires. Lorsque, au contraire, on enlevait les tubes *d* et qu'on laissait la vapeur des quatre soufflards s'échapper librement dans l'air, il s'établissait dans la partie inférieure du tube une colonne d'eau d'environ $0^m,10$ de hauteur, équivalente à la dépression produite à la base du cubilot par le mouvement d'appel. Dans ces conditions de marche de l'appareil, nous avons pu constater qu'avec la vapeur il s'échappait des produits huileux et gras qui se condensaient sur toutes les surfaces environnantes; leur examen a fait reconnaître que ces huiles sont très-lourdes et ne coulent pas.

Le produit de la condensation opérée lorsque les tubes *d* étaient remis en place, était de l'eau qui devait provenir soit de la vapeur lancée par les soufflards, soit de la distillation elle-même. Cette eau était un peu acide, probablement à cause de la présence d'une petite quantité d'acide sulfurique formée par la combustion des pyrites de fer renfermées en assez forte quantité dans les schistes d'Igornay.

Une seconde imperfection de l'appareil se signalait lorsqu'on fermait la vapeur des soufflards afin de pouvoir enlever les tubes *d*; l'opération était alors suspendue dans le cubilot et les gaz, au lieu de continuer à descendre, remontaient dans cet appareil puisque l'appel était supprimé. En ouvrant alors de nouveau les robinets de vapeurs des soufflards, l'appel recommençant à se produire, ces gaz étaient entraînés vers le bas du cubilot et, en arrivant sur la tranche de schistes enflammés, produisaient une explo-

sion, grâce à l'air avec lequel ils étaient nécessairement mélangés. Ces explosions qui, à l'origine de l'opération, étaient très-faibles parce que la tranche de schistes enflammés était encore voisine de l'ouverture supérieure du cubilot, devenaient de plus en plus fortes au fur et à mesure que la combustion se propageait vers la base du cubilot.

Pour remédier à la première imperfection de l'appareil, M. Roche, dans une seconde expérience, fit déboucher les quatre soufflards dans un grand cylindre en tôle dans lequel il plaçait, vis-à-vis des jets des soufflards, une pomme d'arrosoir par laquelle il projetait de l'eau froide sur ces jets, afin de produire une condensation aussi rapide que possible et d'éviter ainsi dans ce cylindre une contre-pression susceptible d'empêcher le mouvement d'appel de se produire. Ce cylindre communiquait avec le reste du condenseur au moyen d'un tube très-court et à grand diamètre de façon à diminuer le frottement. M. Roche a ainsi obtenu un rendement de 5 à 6 p. 100 d'huile très-grasse et très-épaisse, mélangée intimement avec une assez forte proportion d'eau. Ce produit était analogue aux graisses recueillies dans la première expérience.

Nécessité de distiller les schistes à l'abri du contact de l'air. — Ce résultat n'a rien qui puisse surprendre ; un fait analogue s'était déjà présenté dans des essais faits à l'usine de Millery dans des conditions semblables. Dans ces expériences où l'on avait essayé de distiller les schistes en injectant dans leur masse de l'air chaud ou de la vapeur surchauffée, on a toujours obtenu des huiles lourdes et des graisses comme produits de la distillation. Ils s'expliquent naturellement par l'oxydation des huiles au moyen de la vapeur ou de l'air qu'elles rencontrent au moment de leur formation. On doit donc en conclure que *la distillation des schistes, opérée au contact de l'air, donnera toujours des produits oxydés et par conséquent lourds et gras ; la distil-*

lation en vase clos, à l'abri du contact de l'air, peut seule donner des produits légers et peu colorés.

Il nous paraît donc inutile d'insister davantage sur un système de distillation bien inférieur à celui de la cornue tournante. Ce qui distinguait surtout l'appareil de M. Roche, c'était la distillation du schiste par lui-même et sans emploi de combustible ; or nous avons vu qu'on peut sinon supprimer l'emploi de la houille, du moins la réduire beaucoup avec la cornue tournante qui a le grand avantage d'être bien moins coûteuse comme premier établissement.

Rectification des huiles brutes d'Igornay. — La rectification des huiles brutes, à l'usine d'Igornay, se fait au moyen d'une méthode de traitement qui présente quelques différences avec celle de l'usine de Lally.

La série des opérations est la suivante :

1° *Distillation des huiles brutes. — Rendement pour un hectolitre.*

80 litres, huile à traiter (*), (densité, 820 grammes) ;
18 litres, goudron liquide ;
2 litres, perte.

2° *Distillation des huiles à traiter* (densité : 820 grammes).

PRODUITS.	RENDEMENT pour 100.	RENDEMENT pour 80 litres.
Huile légère ($d = 800$ à 805 grammes). .	87	69,60
Goudron liquide.	10	8,00
Perte.	3	2,40

3° *Distillation des goudrons liquides provenant des 1re et 2e opérations.*

PRODUITS.	RENDEMENT pour 100.	RENDEMENT pour 26 litres.
Huile lourde ($d = 850$ à 855 grammes). .	33,33	8,67
Huile paraffinée ($d = 900$ à 920 grammes)	53,33	13,87
Goudron solide.	10,00	2,60
Perte.	3,34	0,86

(*) Par assimilation avec la méthode suivie à Lally, nous avons

4° *Distillation des huiles lourdes* (d=850 à 855 grammes).

PRODUITS.	RENDEMENT pour 100.	RENDEMENT pour $8^{lit},67$.
Huile distillée (*d*=840 à 845 grammes).	86,67	7,514
Goudron liquide.	10,00	0,867
Perte.	3,33	0,289

Dans ces quatre distillations on a donc comme produits d'un hectolitre d'huile brute :

	litres.
Huile légère (*d* = 800 à 805 grammes).	69,60
Huile lourde distillée (*d*=840 à 845 gr.)	7,51
Huile paraffinée (*d* = 900 à 920 gr.). .	13,87
Goudron solide.	2,60
Goudron liquide à repasser au traitement.	0,867
Perte.	5,553
	100,000

Les goudrons solides sont livrés au commerce sans autre préparation. Les huiles paraffinées sont traitées en hiver dans les bâches à cristillisation et fournissent environ 10 p. 100 de paraffine livrée au commerce à raison de 85 francs les 100 kil. ; le résidu dénommé égouts de paraffine ou huiles vertes est vendu de 10 à 12 francs l'hectolitre. Enfin les huiles légères et les huiles lourdes distillées sont soumises séparément à un traitement à l'acide. Le traitement des huiles légères s'opère avec un mélange de 3 p. 100 en volume d'acide sulfurique ; l'opération est faite en trois fois. On lave ensuite à l'eau.

Le traitement des huiles lourdes s'opère avec un mélange de 5 p. 100 en volume d'acide sulfurique ; l'opération se fait également en trois fois et se termine encore par un

---

compris ces huiles sous la dénomination de *huiles à traiter*, bien que leur véritable dénomination devrait être *huiles à redistiller*, car elles ne sont traitées qu'après une seconde distillation.

lavage à l'eau. La perte dans ces traitements par l'acide n'est que de 6 p. 100 environ, ce qui donne une perte totale peu supérieure à 10 p. 100.

Les huiles légères traitées et les huiles lourdes traitées sont ensuite mélangées dans des proportions telles que le mélange ait une densité de 845 grammes. Or nous voyons que les quatre opérations préliminaires donnent, pour 1 hectolitre d'huile brute, 69^{lit},60 d'huile légère ($d=$ 800 à 805 grammes) et 7^{lit},51 d'huile lourde ($d=840$ à 845 grammes). Il est évident qu'avec de telles proportions, il serait impossible d'avoir un mélange à la densité de 845 grammes; aussi M. Roche achète des huiles lourdes produites dans les autres concessions et dont la proportion dans le mélange est variable avec la densité qui change d'une exploitation à l'autre. Ce mélange, qui a la densité de 845 grammes, est distillé et donne en moyenne :

68,750 p. 100 huile légère à 820 grammes.
18,750 p. 100 huile lourde.
9,375 p. 100 goudron liquide.
3,125 p. 100 perte.

Les huiles légères à la densité de 820 grammes sont livrées au commerce. Les huiles lourdes et les goudrons liquides sont repassés au traitement.

Par ce mode de rectification, M. Roche a l'avantage de pouvoir utiliser une assez forte quantité d'huiles lourdes qui, ainsi que nous le faisions remarquer plus haut, sont d'un écoulement difficile dans le commerce, car leur densité et leur coloration ne permettent pas de les employer à l'éclairage, et d'un autre côté elle ne sont pas assez lourdes pour être utilisées dans la fabrication des huiles à graisser. C'est d'ailleurs probablement à ce mode de rectification, s'appliquant parfaitement aux huiles brutes de l'usine d'Igornay qui sont les plus légères que l'on rencontre dans le bassin d'Autun, que cette usine doit d'avoir pu lutter

jusqu'à ce jour et d'avoir pu se maintenir malgré le faible rendement du minerai et l'imperfection de son matériel de distillation.

CONCESSION DE LA PETITE-CHAUME.

La concession de la Petite-Chaume, voisine de celle d'Igornay, exploite l'affleurement d'une couche qui paraît être le prolongement de la première couche de schistes exploitée à Igornay. Le traitement de ces schistes se fait à la petite usine de la Varenne, située à proximité de l'exploitation.

L'usine possède 10 cornues tournantes cylindriques en tôle de fer avec fonds en fonte. Elles ont 3m,20 de longueur sur 0m,60 de diamètre; la charge de chaque cornue est de 5 hectolitres de schistes.

La distillation des schistes se fait dans ces cornues à peu près dans les mêmes conditions que dans les cornues tournantes de l'usine de Lally; vu le faible chargement, l'opération ne dure que six heures, mais la consommation de charbon est de 1hect,55 par mètre cube de schistes distillés.

Le rendement d'un mètre cube de schistes est d'environ 50 à 55 litres d'huile brute à la densité moyenne de 846 grammes. Cette huile brute a beaucoup de ressemblance avec celle d'Igornay; cependant sa densité est un peu plus élevée parce qu'elle est produite dans des cornues tournantes.

L'usine de la Varenne se trouve donc dans des conditions d'existence semblables à celles de l'usine d'Igornay.

Le matériel de distillation des schistes est, il est vrai, plus perfectionné et le rendement du minerai est par conséquent plus fort. De plus il peut-être facilement amélioré en lui appliquant, comme à Lally, l'utilisation des gaz et des schistes déjà distillés comme combustible; mais les

cornues tournantes sont beaucoup trop petites, ce qui entraîne des pertes de temps et de main-d'œuvre considérables. En outre l'utilisation des schistes distillés serait d'un emploi beaucoup plus difficile qu'à Lally, car les cornues de la Varenne se déchargent au moyen d'une raclette, par une ouverture placée sur l'un des fonds comme dans les cornues à gaz.

Rectification des huiles brutes de la Varenne. — Si la distillation des schistes à la Varenne présente quelques avantages sur la même opération faite à l'usine d'Igornay, cette dernière a en revanche une supériorité pour la rectification des huiles. A la Varenne, en effet, la méthode de traitement suivie pour cette rectification consiste dans les opérations suivantes.

1° *Distillation des huiles brutes* (d = 846 grammes). — *Rendement pour un hectolitre.*

78^{lit},13 d'huile à traiter (*d* = 826 grammes).
3^{lit},13 huile à paraffine (*d* = 890 grammes).
15^{lit},62 goudrons.
3^{lit},12 perte.

2° *Traitement des huiles à traiter* (d = 826 grammes).

Ce traitement s'opère comme à l'usine de Lally, par un mélange de 3,76 p. 100 en volume d'acide sulfurique que l'on fait agir sur l'huile en deux fois. Après un lavage à l'eau, on fait un nouveau mélange avec 2,26 p. 100 de soude et l'on obtient :

89,47 p. 100 d'huile traitée à la densité de 826 grammes;
10,53 p. 100 de perte.

Soit pour 78^{lit},13 d'huile à traiter :

69^{lit},90 huile traitée;
8,23 perte.

3° *Distillation des huiles traitées* (d = 826 grammes).

PRODUITS.	RENDEMENT pour 100.	RENDEMENT pour $69^{lit},90$.
Huile légère à 808 grammes.	82,86	57,92
Huile à paraffine à 890 grammes.	4,29	3,00
Goudron.	10,71	7,49
Perte.	2,14	1,49

4° *Fixage des huiles légères.*

Les huiles légères sont traitées par 1,02 p. 100 en volume de soude ; on obtient :

98,29 p. 100 d'huile légère fixée à 808 grammes.
1,71 p. 100 de perte.

Soit pour $57^{lit},92$ d'huile à fixer :

$56^{lit},93$ huile légère fixée à 808 grammes.
$0^{lit},99$ perte.

En résumé, un hectolitre d'huile brute à 846 grammes donne :

Pour 1 hectolitre d'huile brute.	Huile légère fixée (*d* = 808 grammes). .	56,93
	Huiles à paraffine (*d* = 890 grammes).	6,13
	Goudrons.	23,11
	Perte.	13,83

Les huiles légères fixées sont livrées au commerce au prix moyen de 38 francs. Les huiles à paraffine sont utilisées pour la production de la paraffine ; comme celles d'Igornay, elles donnent en moyenne 10 p. 100 de paraffine et 90 p. 100 d'égouts de paraffine ou huiles vertes vendus au prix de 10 à 12 francs. Les goudrons sont ordinairement vendus à 9 francs les 100 kil.

La méthode de rectification suivie à la Varenne est exactement semblable à celle de l'usine de Lally ; mais en admettant que cette méthode soit bonne pour des huiles brutes d'une forte densité, elle donne pour des huiles brutes

légères des résultats sensiblement inférieurs à ceux de la méthode employée à Igornay. Nous avons vu en effet que dans cette dernière usine la perte totale s'élevait environ à 10 p. 100 tandis qu'à la Varenne elle va jusqu'à près de 14 p. 100. Le traitement des schistes dans cette dernière usine est donc susceptible d'amélioration autant au point de vue du matériel de distillation des schistes qu'en ce qui concerne la méthode de rectification.

CONCESSION DE SAINT-LÉGER-DU-BOIS.

La concession de Saint-Léger-du-Bois exploite une couche de schistes de médiocre richesse qui, dans la série géologique, paraît supérieure à celle de Champsigny, cette dernière étant elle-même supérieure aux couches exploitées à Igornay et à la Varenne.

Les schistes de Saint-Léger-du-Bois sont distillés au moyen de 36 cornues verticales, placées dans une petite usine située à proximité des affleurements.

Le rendement en huile brute à la densité de 870 grammes est en moyenne de 40 litres par mètre cube. Cette huile brute est livrée directement au commerce et l'usine de Saint-Léger-du-Bois ne rectifie aucun de ses produits.

Les mauvaises conditions dans lesquelles est établi le matériel de distillation, les travaux insuffisants faits pour l'exploitation de la couche de schistes qui jusqu'à ce jour n'a été attaquée que sur ses affleurements, et enfin l'irrégularité de cette couche sont largement suffisants pour faire considérer l'existence de cette exploitation comme très-précaire.

CONCESSION DU RUET.

Le pendage général des couches permiennes est du N. au S.; de sorte qu'en s'avançant du nord vers le sud, on rencontre les affleurements de couches composées de grès et

de couches schisteuses de plus en plus récentes dans l'âge géologique. C'est ainsi que tout à fait au N. du bassin, à Igornay, nous rencontrons d'abord les couches schisteuses les plus anciennes exploitées à Igornay et à la Petite-Chaume, puis la couche plus récente exploitée à Champsigny et enfin une troisième couche supérieure exploitée à Saint-Léger-du-Bois. En s'avançant encore vers le sud, on rencontre les affleurements d'une quatrième couche dont le développement serait considérable, car c'est elle qui paraît fournir des schistes aux exploitations du Ruet, de la Comaille, de Poisot, de Dracy-Saint-Loup et des Abots. On peut aussi constater les affleurements de cette même couche sur les concessions de Chambois et de Surmoulin. En raison de son développement, cette couche est dite *grande couche* dans le bassin. Sa richesse est en général bien supérieure à celle des trois couches plus anciennes. Dans sa partie occidentale, au Ruet et à Poisot, elle semble moins riche que dans sa partie orientale, mais en revanche les huiles brutes qu'elle fournit paraissent plus légères.

C'est sur cette grande couche qu'est établie l'exploitation du Ruet. Elle présente dans cette partie la composition suivante à partir du toit :

0,50 à 0,60 de schistes pauvres rarement exploités;
0,01 à 0,02 d'argile grasse;
0,80 de schistes assez pauvres, mais toujours exploités;
0,02 à 0,03 d'argile grasse;
0,15 à 0,20 de schistes plus riches que les supérieurs;
0,04 à 0,05 d'argile grasse;
1,50 de schistes riches;
0,60 de schistes noirs, stériles, contournés et luisants servant au havage, à cause de la facilité que l'on a à les abattre.

Les frais spéciaux à l'extraction d'un mètre cube peuvent s'établir de la façon suivante :

	francs.
Main-d'œuvre	1,83
Boisage	0,05
Épuisement	0,60
Extraction	0,38
	2,86

Pour avoir le prix de revient du mètre cube de schistes extraits, nous devons au total précédent ajouter les frais généraux qui sont calculés pour une extraction d'environ 5.000 mètres cubes par an. Ces frais généraux sont par mètre cube :

	francs.
Entretien du matériel	0,47
Travaux préparatoires	0,29
Redevances et impôts, etc.	0,18
Dépenses diverses	0,30
	1,24

Ce qui donne la somme de $4^{f},10$ pour prix de revient du mètre cube.

Ces prix nous ont été donnés par le directeur de l'usine du Ruet, M. de Champeaux de la Boulaye, ancien élève de l'École des mineurs de Saint-Étienne. Bien que les frais généraux puissent s'abaisser un peu par un accroissement dans l'extraction, il faut généralement considérer le prix de revient d'un mètre cube de schistes extraits comme égal à 4 francs.

L'usine du Ruet est construite à proximité de l'exploitation.

La distillation des schistes s'opère dans 26 cornues verticales, dans chacune desquelles on charge $7^{\text{hectol.}},40$ de schistes par opération.

On voit que, d'après la *fig.* 4, Pl. VIII, la forme des cornues du Ruet est à peu près la même que celle des cornues verticales de Lally.

La conduite d'une opération est la même qu'à Lally.

[redacted]

Le rendement d'un mètre cube de schistes est d'environ 45 litres d'huile brute à la densité de 860 grammes.

Le prix moyen de revient d'un hectolitre d'huile brute, en comprenant les frais généraux et l'amortissement est égal en moyenne à $19^{f},35$.

Le traitement suivi pour la rectification des huiles est tout à fait semblable à celui de l'usine de Lally.

D'après ces renseignements, il est facile de voir que cette usine du Ruet se trouve dans des conditions difficiles d'existence, surtout à cause de son matériel de cornues verticales qui donnent des huiles brutes à un prix fort élevé. Cependant le rendement de son minerai est supérieur à celui de Lally qui ne donne que $40^{lit.},35$ d'huile brute à 888 grammes par mètre cube de schistes distillés en cornues verticales.

Cornue verticale à distillation continue. — La transformation du matériel de distillation des schistes est donc devenue nécessaire pour que l'usine du Ruet puisse lutter contre la crise commerciale. Le directeur de cette usine a, dans ce but, installé un nouvel appareil de distillation à action continue et avec utilisation des gaz et des schistes déjà distillés comme combustible. Cet appareil (*) (*fig.* 5 et 6, Pl. VIII) consiste en une cornue verticale *a*, *a*, en tôle recouverte d'une chemise réfractaire; cette cornue est formée par un corps cylindrique de chaudière à vapeur ouvert aux deux extrémités, de $5^{m},88$ de hauteur sur $0^{m},84$ de diamètre. A l'intérieur de cette cornue est disposée une cage à claire-voie *b*, *b*, formée de barres de fer reliées les unes au bout des autres. Cette cage a une longueur un peu moins grande que la cornue sur un diamètre de $0^{m},45$. Enfin, autour de la cornue est disposé un massif de maçonnerie avec remplissage en pisé dans lequel se trouvent ménagés des ou-

(*) Cet appareil a été décrit par M. de Champeaux lui-même dans le *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, t. XIV, année 1869, p. 781.

vreaux *c*, c,.... Entre la cornue et la maçonnerie, il existe un espace vide *d* ayant à sa partie supérieure $0^m,15$ et en bas $0^m,50$.

Lorsque l'appareil est en marche normale, on a dans l'espace compris entre la cage à claire-voie et les parois intérieures de la cornue 20 hectolitres de schistes à distiller. L'espace annulaire *d* est rempli par le haut de schistes déjà distillés et chauds provenant de l'opération même; sous l'influence de l'air qui entre par les ouvreaux *c*, *c*,... ces derniers continuent à brûler et opèrent la distillation des schistes frais introduits dans la cornue. Les produits de l'opération s'amassent dans la cage à claire-voie d'où ils s'échappent par les conduits en fonte *e*, *e*, *e*, qui les conduisent aux serpentins. A l'extrémité des serpentins, on recueille les gaz non condensés et on les amène par l'ouverture *f* dans l'espace annulaire *d* afin de les y enflammer et d'ajouter cette chaleur à celle que produisent les schistes déjà distillés. Toutes les heures, on ouvre les ouvertures *h*, *h*, par lesquelles on fait écouler un hectolitre de schistes entièrement brûlés; on ouvre en même temps l'ouverture *g* par laquelle on fait écouler la même quantité de schistes ayant subi la distillation pour les recharger dans l'espace annulaire *d* afin de remplacer les précédents, et enfin on recharge dans la cornue 1 hectolitre de schistes frais en enlevant le couvercle supérieur.

Dans ces conditions, l'expérience n'a pas réussi, et l'on a été conduit à apporter les modifications suivantes. Tous les ouvreaux *c*, *c*,... ont dû être fermés parce qu'une trop grande admission d'air fait coller les schistes entre eux et alors leur descente ne s'opère plus dans l'espace annulaire *d*. Au lieu de remplir complétement cet espace avec des schistes déjà distillés, on ne l'a chargé que jusqu'au troisième ouvreau (voir les *fig.* 5 et 6, Pl. VIII), afin d'empêcher la chaleur de monter trop haut, ce qui refroidissait trop la partie inférieure de la cornue. Les trois tubulures

e,e,e ont dû être également supprimées et bouchées et on a obtenu un meilleur résultat en remplaçant le couvercle de la cornue par une tubulure T mobile à fermeture hydraulique que l'on enlève lorsqu'on opère le chargement des schistes (voir la *fig.* 7, Pl. VIII). Enfin une profonde modification consiste en ce que la continuité de fonctionnement de l'appareil n'a pu être maintenue. Lorsque, toutes les heures, on enlevait 1 hectolitre de schistes distillés pour les remplacer par le même volume de schistes frais, ces derniers produisaient un tel refroidissement que l'opération se trouvait arrêtée. Il a donc été nécessaire de charger 20 hectolitres de schistes frais dans la cornue, d'opérer leur distillation en mettant dans l'espace annulaire les schistes chauds de l'opération précédente concurremment avec les gaz dégagés et d'attendre la fin de l'opération pour recommencer la suivante dans les mêmes conditions. On a ainsi obtenu un rendement de 6 p. 100, mais le produit était des huiles grasses d'une très-forte densité.

Il est donc douteux que ce nouveau procédé puisse, malgré un rendement plus considérable, être considéré comme un progrès. Cependant le directeur du Ruet se propose d'appliquer ce mode de distillation en remplaçant par la cornue verticale ordinaire, telle qu'on l'emploie dans l'Autunois, la chaudière à vapeur dont il s'était servi pour faire une cornue dans l'appareil qui vient d'être décrit. En un mot, il appliquera à la distillation des schistes en cornue verticale le principe de la combustion des gaz et des schistes déjà distillés. Il pourra à cet effet se servir des cornues que possède son usine et, si les expériences sont satisfaisantes, augmenter son matériel à très-bon compte en achetant les cornues verticales des autres usines qui s'en débarrassent généralement au prix des riblons.

CONCESSION DE POISOT.

Cette concession appartient à M. le Comte d'Esterno qui ne l'exploite pas lui-même. Cette exploitation est faite par des tiers; M. d'Esterno a cédé ses droits moyennant une redevance de 5 francs par mètre cube de schistes extraits et amenés aux usines. Cette redevance se divise en deux : l'une de 1f,50 au profit du concessionnaire, l'autre de 3f,50 pour l'entrepreneur de l'extraction.

Le minerai est traité dans deux usines; la première contient 24 cornues verticales en activité et 14 cornues en chômage; la seconde possède 48 cornues verticales en activité sur 68.

Les conditions de distillation des schistes et de traitement des huiles peuvent être considérées comme étant à peu près les mêmes qu'au Ruet. Cependant le schiste de Poisot est un peu meilleur et rend environ au mètre cube 50 litres d'huile brute à la densité de 850 grammes à 860 grammes. Mais les propriétaires des usines payant 5 francs le mètre cube de schiste rendu dans ces usines, il leur est difficile à raison de ce prix élevé de pouvoir lutter contre la crise commerciale. La situation pénible dans laquelle se trouve cette exploitation provient donc non-seulement de l'imperfection du matériel, mais encore de la redevance perçue par e concessionnaire.

CONCESSION DE LA COMAILLE.

Comme les deux précédentes, cette concession exploite les schistes de la grande couche; la composition de la couche y est d'ailleurs la même qu'au Ruet.

Les schistes sont distillés :

1° Dans 6 cornues tournantes, système Malo;

2° Dans 27 cornues verticales, contenant 5 hectolitres 1/2.

Dans les cornues tournantes, on introduit environ $2^{m^3},200$ qui donnent un rendement de près de 75 litres par mètre cube; ces huiles brutes ont une densité de 875 grammes.

Aux cornues verticales, on ne dépasse pas un rendement de 55 à 60 litres par mètre cube.

Dans cette usine, on a fait l'essai de 2 cornues tournantes à déchargement automoteur. Pour cela M. Drago, concessionnaire de La Comaille, a utilisé deux anciennes chaudières de distillation des huiles (*fig.* 8, Pl. VIII). Elles sont cylindriques, à calottes hémisphériques et ont $2^m,20$ de longueur sur $1^m,12$ de diamètre. Elles sont agencées de façon à tourner comme les cornues du système Malo. Seulement par le tourillon creux pénètre dans chaque cornue un tube creux *a,a*, fixé d'une façon rigide sur le barillet; ce tube est muni d'une tubulure verticale *b* pour aspirer les produits de la distillation et permettre de charger des schistes en quantité telle qu'ils puissent sans inconvénient dépasser le niveau du tourillon creux, de telle façon que la cornue soit chargée aux deux tiers au lieu de l'être à moitié. A l'intérieur de la cornue, le tube *a,a* se termine en sifflet fermé par un clapet mobile. Le clapet mobile est destiné à fermer le tube pour empêcher les schistes de l'obstruer tout en permettant la manœuvre d'un ringard à tampon afin de nettoyer le tube et de rejeter toutes les poussières dans la cornue en soulevant le clapet.

De plus comme cette cornue n'a pas de parties tronc-coniques pour qu'elle puisse se décharger seule, on a placé de chaque côté de son ouverture *o* un fer à T posé sur champ et en hélice, de telle façon que, dans le mouvement rotatoire de la cornue, ce fer puisse ramener constamment les schistes vers cette ouverture et opérer un déchargement automoteur.

Cette cornue a ainsi l'avantage d'éviter l'inconvénient que présentent les cornues du système Malo, de ne pas pouvoir se charger au-dessus de l'axe afin que les mor-

ceaux de schistes ne puissent pas venir engorger la tubulure d'échappement des produits volatils. On peut aussi à l'aide du fer à T construire des cornues complétement cylindriques, à déchargement automoteur, et éviter les parties tronc-coniques dont nous avons signalé plus haut les désavantages.

Mais il est arrivé que la portion du tube creux, contenue dans l'intérieur de la cornue étant trop longue, a présenté un obstacle à la chute des schistes dans le mouvement rotatoire de l'appareil; les schistes, en s'entassant entre le tube et les parois de la cornue, formaient coin et opposaient une grande résistance à cette rotation. Aussi on a momentanément abandonné l'emploi de ce tube, sauf à le replacer en le faisant rogner de façon à ce qu'il ne pénètre dans la cornue que de la plus petite quantité possible. Nous verrons d'ailleurs plus loin que cette disposition a été utilisée à Surmoulin où elle a complétement réussi.

M. Drago a en outre disposé au-dessous de ses cornues tournantes des réservoirs destinés à recevoir les schistes distillés et à en utiliser la chaleur; la trémie inférieure est simplement fermée au moyen de deux volets que l'on ouvre pour décharger. Le déchargement est facile, car il est très-rare que les schistes se collent ensemble. De plus lorsque, au commencement de l'opération, on a obtenu le départ des vapeurs d'eau en chargeant de la houille dans le foyer, on continue à chauffer avec du schiste à distiller qui sert de combustible. On est ainsi parvenu à ne brûler que 1/2 hectolitre de charbon par cornue et par opération; mais les expériences n'ont pas été assez suivies pour voir s'il y avait réellement avantage à employer, au lieu de houille, du schiste à distiller dont le mètre cube revient à 4 francs environ.

L'usine de La Comaille livre au commerce les huiles à l'état brut, sans leur faire subir de rectification.

CONCESSION DE DRACY-SAINT-LOUP.

Comme les précédentes, cette concession exploite les schistes de la Grande Couche, qui y présente toujours les mêmes caractères avec cette particularité que les trois nerfs argileux que nous avons remarqués au Ruet se réduisent à deux placés à environ $0^m,20$ l'un de l'autre, au milieu de la couche qui a environ $2^m,50$ d'épaisseur. C'est dans ce banc de $0^m,20$ d'épaisseur que l'on pratique le havage.

Les schistes sont traités dans une usine voisine de l'exploitation, comprenant 20 cornues verticales en fonte et 10 cornues tournantes du système Malo.

Cette usine se trouve ainsi à peu près dans les mêmes conditions que l'usine de La Comaille. Le rendement des schistes paraît sensiblement égal à celui de La Comaille ; cependant les huiles brutes obtenues sont un peu plus lourdes.

Deux cornues tournantes, système Malo, à grandes dimensions ont été installées à cette usine ; elles ont une longueur de $3^m,50$ pour un diamètre de $2^m,50$ dans la partie cylindrique ; leur contenance est de 6 mètres cubes de schistes à distiller. Le poids de ces cornues étant considérable et égal à 6 tonnes environ, on a dû faire reposer leurs tourillons sur des galets mobiles autour de leurs axes de façon à substituer un frottement de roulement à un frottement de glissement. On a obtenu ainsi une économie assez considérable de combustible, car tandis que les petites cornues tournantes d'une contenance de 2 mètres cubes de schistes consomment $0^{hect},90$ à 1 hectolitre de houille par mètre cube, les grandes ne consomment que $0^{hect},60$ à $0^{hect},70$.

Il est difficile de se prononcer d'une façon bien nette sur l'avenir de cette concession ; comme elle a été jusqu'à présent dans des mains inhabiles et imprévoyantes, le champ

d'exploitation actuel présente peu d'avenir tout en ne donnant qu'une extraction réduite et très-coûteuse. Il y a lieu de croire cependant que, si l'industrie des schistes venait à reprendre un nouvel essor par suite de circonstances quelconques, il serait encore possible de replacer cette concession dans des conditions avantageuses d'exploitation ; par son étendue qui est d'environ quatre kilomètres carrés, elle permet d'espérer que la grande couche pourra s'y retrouver avec la même qualité et les mêmes facilités d'extraction qu'on y avait trouvées à l'origine.

CONCESSION DES ABOTS.

Cette concession exploite également les schistes de la grande couche ; elle est d'ailleurs voisine de la précédente.

Les schistes sont traités dans une usine contenant 10 cornues verticales et 8 cornues tournantes du système Malo. Ces schistes paraissent être d'une qualité inférieure à ceux de la concession de Dracy-Saint-Loup, car ils ne rendent guère plus de 60 litres par mètre cube à la cornue tournante.

Cette concession a été à peu près constamment en chômage ; elle paraît être dans de très-mauvaises conditions par suite de l'inhabileté des exploitants qui s'y sont succédé jusqu'à cette année.

CONCESSION DE SURMOULIN.

Sur cette concession on exploitait autrefois les schistes de la grande couche ; mais un sondage placé à environ deux kilomètres de ces anciens travaux, ayant fait reconnaître la présence dans la concession d'une couche de boghead de $0^m,25$ d'épaisseur, à l'Orme, toute l'exploitation nouvelle s'est concentrée sur cette couche. Cette couche de boghead est intercalée dans une formation schisteuse que

l'on exploite sur 1^{m},30 de hauteur; elle est d'ailleurs dans la série géologique des couches permiennes, d'une formation plus récente que la grande couche; elle occupe ainsi la partie supérieure de toutes les couches exploitées dans le bassin d'Autun. Cette couche a été également reconnue sur la concession de Millery; mais elle s'y présente avec un aspect différent et avec un appauvrissement tellement considérable qu'on a dû renoncer à l'utiliser.

La couche de schistes dans laquelle est intercalée la formation de boghead de l'Orme et que l'on est obligé d'extraire pour avoir une hauteur suffisante dans les travaux souterrains est utilisée pour la fabrication des huiles. Cette couche présente, à partir du toit, la composition suivante :

0^{m},60 de schistes dans lesquels se trouve intercalé un banc de 0^{m},05 de calcaire blanc stérile, placé à 0^{m},05 au-dessus de leur base;
0^{m},25 de boghead riche;
0^{m},15 de schistes;
0^{m},30 de grès stériles servant au havage et au remblayage de la mine.

L'extraction se fait au moyen d'un puits guidé d'environ 30 mètres de profondeur; le prix de revient du mètre cube extrait est assez élevé à cause de la faible hauteur exploitée. L'abattage se fait entièrement à la poudre; l'emploi des perforateurs à vis pour forer les coups de mine rend d'ailleurs de grands services dans cette exploitation.

Nous avons vu que dans les autres concessions on peut évaluer à 3 ou 4 francs au maximum le prix de revient du mètre cube extrait : à l'Orme il faudrait l'évaluer à 10 francs environ, d'après les quelques renseignements qui ont pu être recueillis. De cette façon, le prix de revient serait de 10 francs pour un mètre cube contenant 0^{m3},750 de schistes et 0^{m3},250 de boghead; ce qui, en négligeant les schistes

extraits, donnerait pour 1 mètre cube de boghead un prix de revient égal à 40 francs.

Il y a peu de temps encore le boghead et le schiste provenant de cette extraction étaient distillés pour la fabrication des huiles de schistes.

Le boghead était distillé à l'usine même de l'Orme, sur le lieu de l'extraction, dans 12 cornues en fonte fixes, mais différentes des cornues verticales ordinaires. Ces cornues qui sont placées sur champ ont 2^m,40 de longueur sur 0^m,32 de largeur, avec une contenance de 6 hectolitres (*fig.* 9 et 10, Pl. VIII). Le chargement du boghead se faisait à la pelle par l'ouverture antérieure O; les produits de la distillation s'échappaient par la tubulure supérieure T, d'où ils étaient conduits aux serpentins de condensation. Un mètre cube de boghead d'un poids de 650 à 700 kil. donnait en moyenne 300 litres d'huile brute d'une densité considérable et une certaine quantité de gaz qui était utilisé et brûlé sous les cornues. Dans l'opération le boghead fondait et laissait sur le fond de la cornue une épaisseur d'environ 0^m,20 d'une matière poreuse cokéfiée très-adhérente aux parois; cette matière n'était généralement pas utilisée et ne servait qu'accidentellement à maintenir le feu pendant la nuit sous des chaudières de rectification où elle brûlait faiblement.

La rectification des huiles brutes de boghead était difficile et coûteuse, comme on pourra en juger par la série des opérations suivantes auxquelles on les soumettait.

1° Traitement par 1 p. 100 en volume d'acide sulfurique et lavage à l'eau pure. On retirait 90 p. 100 d'huile traitée et on avait ainsi une perte énorme de 10 p. 100.

2° Distillation des huiles traitées donnant environ :

80 p. 100 d'huiles à la densité de 835 grammes;
9 p. 100 d'huiles paraffinées à la densité de 880 gr.;
8 p. 100 goudrons liquides;
3 p. 100 perte.

3° Traitement des huiles à la densité de 835 grammes par 5 p. 100 en volume d'acide sulfurique, opéré en deux fois et se terminant par un lavage à l'eau. Les huiles étaient ensuite reprises avec 2 p. 100 en volume de soude et enfin lavées à l'eau de chaux. On avait encore dans cette troisième opération une perte de 10 p. 100 environ.

4° Distillation des huiles provenant du traitement précédent. Cette opération donnait environ :

90 p. 100 d'huiles à la densité de 825 grammes;
8 p. 100 résidus;
2 p. 100 perte.

5° Traitement des huiles à la densité de 825 grammes par 1 p. 100 en volume d'acide sulfurique et lavage à l'eau de chaux. La perte était de 3 p. 100 environ.

6° Distillation des huiles provenant du traitement précédent. Cette opération donnait environ :

80 p. 100 d'huiles légères marchandes à la densité de 818 grammes;
18 p. 100 d'huiles grasses à la densité de 875 gr. et résidus;
2 p. 100 perte.

Ainsi donc les huiles brutes de boghead devaient être soumises successivement à trois traitements et à trois distillations donnant des déchets très-grands pour être transformées en produits marchands. C'était, en résumé, un emploi bien incomplet d'un produit très-recherché par le commerce. On sait en effet que les bogheads d'Écosse sont employés depuis longtemps déjà à la fabrication du gaz d'éclairage; la distillation dans des cornues à gaz fournit environ 42 mètres cubes de gaz par mètre cube de boghead d'Écosse. Celui de Surmoulin rend un peu moins et donne environ 32 mètres cubes de gaz par mètre cube de minerai. Malgré cette différence, les exploitants de Surmoulin ont compris com-

bien il serait avantageux pour eux d'écouler entièrement ce minerai dans le commerce sans se livrer sur lui à des opérations difficiles, embarrassantes et d'un rapport minime. Aussi depuis 1870, la distillation du boghead a été entièrement supprimée et ce minerai est livré au commerce à raison de 70 francs la tonne en gare d'Autun, soit environ 44 francs le mètre cube pris sur place. Or nous avons vu plus haut que le prix de revient du mètre cube de boghead, en ne tenant pas compte des schistes qui l'accompagnent, est d'environ 40 francs. On peut donc ainsi réaliser un bénéfice net de 4 francs par mètre cube auquel il faut ajouter le bénéfice retiré de l'extraction de 3 mètres cubes de schistes qui peuvent être distillés pour huiles brutes. Comme les frais de cette extraction sont de 3 à 4 francs par mètre cube dans les autres concessions, c'est un bénéfice de 9 à 12 francs; soit en totalité 13 à 16 francs le gain constitué à cette exploitation par mètre cube de boghead extrait.

Les schistes accompagnant le boghead étaient autrefois distillés dans l'ancienne usine de Surmoulin située à 2 kilomètres environ de l'exploitation actuelle sur l'ancienne exploitation de la grande couche; cette opération se faisait dans 30 cornues verticales de forme ovale contenant chacune 7 hectolitres. Le rendement était d'environ 50 litres d'huile brute par mètre cube distillé. Depuis la suppression des cornues à boghead, on a abandonné la distillation des schistes en cornues verticales et, à l'usine de l'Orme, on a fait installer quatre cornues tournantes, système Malo, de la même capacité que celle de l'usine de Lally, dans lesquelles le chargement est de 2 mètres cubes. Seulement on est parvenu à y introduire un chargement normal de 3 mètres cubes en adaptant sur le tourillon creux un tube intérieur à la cornue pour aller puiser les produits volatils au-dessus de la surface des schistes. Cette disposition est analogue à celle que nous avons vu plus haut employer à l'usine de La Comaille; le tube en fer creux se termine en

sifflet avec fermeture à clapet; sa longueur est très-restreinte et ne dépasse guère $0^{m},20$ à $0^{m},30$ pour la partie intérieure à la cornue. Il possède une tubulure qui, au lieu d'être verticale, est inclinée à 45 degrés de façon à se trouver ainsi perpendiculaire au plan suivant lequel se dispose la surface des schistes lorsque la cornue tourne. Enfin ces cornues diffèrent encore du système Malo en ce qu'elles n'ont pas de parties tronc-coniques et que le déchargement s'opère par un fer en hélice. Cette dernière disposition s'obtient de la façon suivante : Supposons que le cercle AC (*fig.* 11, Pl. VIII) soit la section de la cornue; développons-le en BCD, de telle sorte que BCDEF sera la cornue développée suivant la génératrice A. En supposant l'ouverture de chargement de la cornue placée en C, à la partie inférieure, elle viendra sur le développement se placer en O. Si on dispose alors sur ce développement un fer à T, suivant GHI, venant envelopper l'ouverture O, ce fer ayant une certaine hauteur sur champ jouera le rôle d'entonnoir si on enroule de nouveau le développement en entraînant le fer à T dans la position où il est.

Avec ces appareils, le rendement atteint environ 75 litres par mètre cube de schistes distillés; mais les huiles sont lourdes et entièrement analogues aux huiles de boghead; aussi leur épuration présente à peu près les mêmes difficultés. Cette analogie s'explique par la nature particulière de ces schistes dont la couleur et la cassure se rapprochent beaucoup de celles du boghead qui a une cassure grise avec reflets résineux; ces schistes ne paraissent être que du boghead très-altéré par le mélange d'une terre argileuse. Comme d'ailleurs la séparation du boghead d'avec les schistes qui l'accompagnent ne s'opère pas rigoureusement, ces derniers sont mélangés avec une petite quantité de boghead.

A cause de cette nature spéciale des schistes de l'Orme, il n'a pas été possible d'appliquer aux quatre cornues nou-

vellement installées dans cette usine le principe de la combustion des schistes distillés, en les faisant brûler au-dessous des cornues. Ces schistes après distillation paraissent complétement appauvris; de plus, sous l'action de la chaleur et du mouvement de rotation, ils forment une quantité très-considérable de poussières qui empêcheraient toute combustion quand bien même il resterait encore une certaine quantité de combustible dans ces résidus.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Classification des usines à schistes. — Des divers documents contenus dans ce rapport, il résulte que l'on peut classer les usines à schistes du bassin d'Autun en trois catégories, d'après la nature des minerais qui y sont traités. Ces trois catégories sont :

1° Usines opérant sur les schistes des couches inférieures à la grande couche situées au nord du bassin ;

2° Usines opérant sur les schistes de la grande couche ;

3° Usines opérant sur la couche à boghead.

Dans la première catégorie, nous placerons les usines de Lally, Saint-Léger-Du-Bois, La Varenne et Igornay. Les schistes traités en cornues tournantes dans les deux premières usines ne rendent guère que 50 litres par mètre cube, tandis que dans celles de La Varenne et d'Igornay on peut compter sur un rendement pouvant s'élever à 55 litres.

La seconde catégorie comprend les usines du Ruet, de Poisot, des Abots, de Dracy-Saint-Loup et de La Comaille. Au Ruet et à Poisot, les schistes distillés en cornue verticale donnent 45 à 50 litres par mètre cube; ce qui suppose un rendement de 55 à 60 litres en cornue tournante. Aux Abots on peut compter sur un rendement moyen de 60 litres au moins et enfin à Dracy-Saint-Loup et La Comaille le

rendement est encore plus fort. Les usines du Ruet et de Poisot paraissent donc servir de transition de la première catégorie à la deuxième.

Enfin dans la troisième catégorie, on ne peut classer jusqu'à ce jour que l'usine de Surmoulin, placée sur la concession du même nom, qui seule a reconnu la couche de boghead dans des conditions avantageuses d'exploitation. La concession de Millery a bien reconnu cette même couche, mais trop pauvre pour pouvoir être utilisée.

De l'exposé succinct, dans lequel nous avons successivement passé en revue toutes ces usines, on peut conclure qu'elles ont à apporter dans leur matériel encore bien des modifications pour arriver à tirer le meilleur parti possible des schistes extraits. Il semble que l'on peut déjà résumer ces améliorations de la façon suivante :

1° *Distillation des schistes.* — En ce qui concerne cette opération, nous avons vu qu'elle devait nécessairement s'opérer en vase clos. L'appareil qui jusqu'à présent peut donner les meilleurs résultats paraît être la cornue tournante à laquelle on donnerait les plus grandes dimensions possibles; il convient de faire ces cornues entièrement cylindriques pour mieux utiliser la chaleur et de les munir alors d'un fer à T intérieur, pour en opérer le déchargement. La disposition à leur intérieur d'un tube en fer creux pour recueillir les gaz, permettra d'augmenter le chargement d'un tiers en conservant à la cornue les mêmes dimensions. Les grandes cornues tournantes employées à l'usine de Dracy-Saint-Loup nous paraissent être des appareils très-pratiques et très-économiques et que l'on pourrait rendre encore plus avantageux en y appliquant les modifications précédentes, ce qui, avec une meilleure utilisation du combustible, permettrait d'introduire dans chacune d'elles une charge de 9 mètres cubes de schistes environ. Enfin pour compléter cet outillage, il faudrait placer ces cornues dans les conditions déjà examinées plus haut pour permettre

l'utilisation des gaz et des schistes déjà distillés brûlant sous un courant d'air naturel ou forcé.

L'emploi de ces cornues ne doit pas exclure d'une façon absolue celui des cornues fixes qui pourraient être disposées de façon à pouvoir également utiliser la chaleur des gaz et des schistes déjà distillés. Quoique leur rendement soit un peu moindre, il ne faut pas perdre de vue que leur installation est beaucoup plus simple et n'exige aucune force motrice; si d'un autre côté le rendement des schistes est moindre, les schistes distillés conservent une plus grande quantité de matières combustibles qui peuvent être utilisées pour le chauffage des cornues sans que la présence des poussières puisse gêner leur combustion. Il ne serait donc pas étonnant qu'une installation bien comprise de ces appareils pût permettre d'effectuer la distillation des schistes sans aucun emploi de houille. Les industriels doivent se proposer ce but avec d'autant plus de raison qu'il existe dans toutes ces usines un matériel considérable de cornues fixes pour la plupart en chômage et immobilisant ainsi un capital improductif.

2° *Rectification des huiles.* — Nous avons vu que les méthodes de rectification des huiles varient d'une usine à l'autre suivant la nature des huiles à épurer. Pour indiquer à chaque industriel la meilleure marche à suivre dans cette épuration, il eût fallu se livrer sur chaque espèce d'huile à des études chimiques trop longues pour entrer dans le cadre de ce rapport. Nous nous bornerons donc à indiquer les améliorations générales qui peuvent s'appliquer à toutes ces méthodes.

Les procédés d'épuration quels qu'il soient se composent toujours de deux séries d'opérations, à savoir : Distillation des huiles en vases clos et Traitement de ces huiles par l'acide sulfurique et la soude. La distillation doit s'opérer dans des vases aussi grands que possible de façon à pouvoir y introduire jusqu'à dix mille litres d'huile par opé-

ration. L'opération achevée, il convient, si l'on veut recommencer une nouvelle distillation sur les résidus, de ne pas les laisser se refroidir et de recueillir dans une nouvelle chaudière les résidus encore chauds de plusieurs chaudières de la première distillation. On arrivera ainsi à une économie notable de temps et de combustible. Pour le traitement des huiles légères par l'acide et la soude, nous avons vu qu'il serait très-profitable de ne pas agir sur ces huiles à la température ordinaire et que les réactions seraient probablement beaucoup plus efficaces en mettant les réactifs en présence des huiles dans les serpentins de condensation lorsqu'elles sont encore très-chaudes ou même à l'état de vapeur.

Telle est d'une façon sommaire la voie dans laquelle il nous paraît utile que les exploitants des schistes de l'Autunois puissent s'engager pour apporter de notables économies dans leurs procédés de fabrication.

Mais pour que ce vœu ne soit pas stérile, il nous reste à examiner quelle est, dans les conditions actuelles, la possibilité qu'ont ces industriels d'arriver à sa réalisation.

De l'examen des prix de revient à l'usine de Lally, on peut conclure que ce n'est qu'en triplant sa production qu'elle pourrait arriver à couvrir à peu près ses dépenses. Or l'envahissement du pétrole d'Amérique en France, son emploi plus facile avec les lampes répandues dans le commerce, enfin la limpidité plus grande et l'odeur moins désagréable de ses dérivés s'opposent à l'accroissement de la consommation des huiles de schiste. Ce n'est pour ainsi dire qu'à la faveur du pétrole que ces dernières huiles peuvent être livrées au consommateur à l'état de mélanges qui n'ont pas les désagréments de l'huile de schiste et qui cependant donnent une flamme plus éclatante que l'huile de pétrole pure. C'est le pétrole qui fait le cours des huiles de schiste dont l'hectolitre rendu à Marseille se vend géné-

ralement à 5 francs meilleur marché ; c'est le pétrole en un m.t qui est le maître du marché français et l'huile de schiste n'est que sa tributaire.

Malgré cette concurrence formidable, la production des schistes qui en 1864 atteignait son maximum de 1.285.500 quintaux métriques s'est maintenu ces dernières années au chiffre de 1.000.000 quintaux métriques environ. Les exploitants ont voulu utiliser le matériel qu'ils avaient édifié à grands frais pendant la période florissante de cette industrie et lui faire produire au moins une partie du capital engagé en attendant des jours meilleurs pour le remplacer lorsqu'il serait usé. Mais jusqu'à ce jour la position du marché ne s'est pas améliorée et il est à prévoir que dans un temps certainement très-court plusieurs usines du bassin d'Autun seront obligées de se fermer. Ce sont les usines de la première catégorie qui seront les premières réduites à cette nécessité; déjà leur extraction a beaucoup diminué et, si leur production en huiles marchandes n'a guère varié, cela tient à ce qu'elles tendent à se transformer en ateliers d'épuration des huiles brutes qui leur sont fournies par les usines de la deuxième catégorie mieux favorisées sous le rapport du rendement de la matière première. Or ces dernières exploitations établies sur la Grande Couche ne pourront pas non plus survivre bien longtemps aux précédentes; en effet jusqu'à présent elles n'exploitent que des parties de cette couche voisines de la surface du sol soit par des chantiers à ciel ouvert, soit par des puits d'une profondeur moindre que 30 mètres. Mais ces affleurements s'épuisent de plus en plus chaque année et il arrivera un jour où l'on sera obligé d'extraire le schiste au moyen de puits d'une profondeur double ou triple; en même temps que les frais d'extraction augmenteront dans une proportion très-notable, l'épuisement deviendra de plus en plus coûteux. Les mines seront envahies par une quantité d'eau d'autant plus grande que les affleurements de la Grande Couche ayant été enlevés

donneront aux eaux de la surface du sol un accès plus facile dans les travaux souterrains.

Nous ne parlerons que pour mémoire de l'usine de Surmoulin qui appartenant à la troisième catégorie se trouve dans des conditions tout à fait spéciales, son principal produit étant le boghead qui jusqu'à présent rencontre une grande faveur dans le commerce. L'avenir de cette exploitation dépend de l'étendue de cette couche de boghead qui semble malheureusement assez restreinte puisqu'une usine voisine, celle de Millery, ne l'a rencontrée qu'à l'état stérile.

Telle est la situation de l'industrie des huiles de schistes de l'Autunois, industrie essentiellement nationale, car placée loin des grands centres elle occupe une population agricole chez laquelle on n'a pas à craindre les entraînements qui se produisent dans les agglomérations ouvrières des villes. Elle apporte dans ces campagnes un bien-être relativement considérable, car l'ouvrier est presque toujours agriculteur, joignant ainsi à son travail dans l'usine ou dans la mine la culture d'une petite propriété. Nous avouons donc que c'est avec une grande sympathie que nous verrions le gouvernement français protéger cette branche d'industrie, sinon importante, du moins très-intéressante, contre les importations étrangères des huiles de pétrole. Déjà l'une de nos grandes compagnies de chemins de fer lui a accordé de certains avantages. A la suite de plusieurs sinistres dans lesquels la compagnie de l'Est eut à payer des indemnités considérables pour des incendies produits par l'huile de pétrole, cette compagnie reconnaissant les dangers du transport de cette matière soumit à l'homologation de S. E. le Ministre une élévation de tarif pour ces huiles qui, classées d'abord dans la quatrième série, passèrent dans la première. La compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée adopta la même mesure; seulement, sur les observations des exploitants de l'Autunois, elle continua à admettre en quatrième série toutes les huiles de schistes

embarquées aux gares qui servent de débouchés aux usines de ce bassin. Cette compagnie admit avec raison que les huiles de schistes ont une inflammabilité moins grande et présentent moins de danger que les huiles de pétrole. Mais ce n'était là qu'un avantage bien faible et qui n'a produit qu'un allégement insensible dans la position des exploitants; c'est au gouvernement français qu'incombe le soin de venir à leur aide par un établissement équitable des impôts qui doivent frapper les huiles de pétrole à leur entrée en France.

Juillet 1871.

DE L'INDUSTRIE DES HUILES DE SCHISTE

DANS L'AUTUNOIS.

Par M. TOURNAIRE, ingénieur en chef des mines.

Objet de ce travail. — Avant la loi toute récente qui a frappé d'une lourde taxe l'importation du pétrole, l'industrie de l'huile de schiste indigène était grandement menacée par la concurrence de l'huile minérale américaine et l'avilissement des prix de vente avait presque partout supprimé ou transformé en perte les anciens bénéfices.

Les doléances qu'un pareil état de choses provoquait avaient en 1868 déterminé l'administration à charger M. l'ingénieur Chosson et moi d'une enquête sur la fabrication autunoise, qui nous a entraînés à d'assez longues études et qui, grâce au concours et aux efforts des directeurs des usines et aux expériences pratiques que plusieurs d'entre eux ont tentées, a amené certaines innovations utiles.

Le rapport précédemment publié de M. Chosson décrit et discute en détail les procédés appliqués dans les principales fabriques et les essais exécutés en grand jusqu'au milieu de la présente année. Je chercherai à éviter les répétitions superflues et parlerai plus spécialement des ressources minéralogiques que présentent les terrains schisteux des environs d'Autun, des expériences que j'ai faites au laboratoire de Châlon sur la nature des schistes et les éléments combustibles et éclairants qu'ils contiennent et des conséquences qu'on en peut déduire au point de vue pratique. Je signalerai ensuite les importants résultats nouvellement obtenus dans l'usine de Lally, et je résumerai la

situation économique de l'industrie autunoise, en montrant les progrès qu'elle doit s'appliquer à accomplir.

Description géologique du bassin d'Autun. — La ville d'Autun est sur la lisière d'une assez vaste plaine, entourée au nord, à l'ouest et au sud par les montagnes primordiales du Morvan, s'appuyant à l'est aux dernières pentes des montagnes de la Côte-d'Or, entrecoupée de quelques collines de médiocre élévation dans sa partie orientale, où sa largeur est moindre. Sa surface se peut estimer de 250 kilomètres carrés.

Si l'on suppose enlevée une mince couverture d'argile détritique, qui gêne beaucoup les observations du géologue, parce qu'elle voile en la plupart des lieux la roche sous-jacente, et si l'on fait abstraction de quelques grès arkosiens et de quelques calcaires liasiques, qui ont peu d'épaisseur et n'existent qu'au sommet de certaines collines, le sol de toute cette plaine paraîtra formé d'assises successives de grès et de schistes, parmi lesquelles sont les couches de houille et de schiste oléifère qui ont donné lieu à des exploitations.

Ces dépôts (voir la carte Pl. IX, *fig.* 5 (*)) se peuvent diviser en deux étages, qui présentent de notables différences dans leur aspect et leur allure, comme dans les restes fossiles qu'ils contiennent, bien qu'il ne soit guère facile de tracer la limite précise qui les sépare et que les grès des divers niveaux ne se distinguent par aucun signe minéralogique bien tranché.

(*) On a supposé enlevés des terrains triasiques, jurassiques, tertiaires, qui masquent une certaine partie des formations sous-jacentes.

Les limites des terrains primordiaux ont été tracées d'après la carte géologique de M. l'ingénieur en chef Manès.

Les limites des terrains houiller et schisteux ne sont tracées qu'approximativement, parce qu'elles sont en grande partie voilées et qu'elles sont d'ailleurs difficiles à préciser, même dans les lieux où les roches sont à découvert.

L'étage inférieur, incontestablement d'époque houillère, est dépourvu de schistes susceptibles d'être distillés. Ses plus anciennes assises renferment une belle couche de houille, sur laquelle est établie l'importante mine d'Épinac. Dans ses couches plus élevées sont aussi des veines de houille, mais minces, irrégulières et en général impures, qu'après de coûteux travaux on a fini par délaisser. Il est à découvert dans la partie orientale du bassin et se montre sur les lisières méridionale et occidentale.

L'autre étage occupe à la surface une beaucoup plus grande étendue ; car il tient toute la partie de la plaine qui est en regard d'Autun et s'appuie directement en sa limite Nord sur les terrains primordiaux. Les couches de schiste susceptibles de distillation y sont nombreuses et se poursuivent sur de grandes longueurs. On n'y a trouvé que deux veines de houille, minces et de très-médiocre qualité, auprès de Chambois. Les bancs y ont rarement de fortes inclinaisons, et quoique souvent coupés par des failles, présentent une constance et une régularité d'allure sensiblement plus grandes que ceux du groupe inférieur. Les schistes sont noirs, fréquemment divisibles en feuillets, renferment beaucoup de poissons fossiles bien conservés et une extrême abondance d'écailles disséminées provenant de ces poissons, beaucoup de coprolithes. Parmi les débris végétaux dont ils ont gardé les empreintes, on observe, avec des fougères, nevropteris et autres classes de plantes communes dans les roches houillères, un grand nombre de valchias. A peu d'exceptions près, depuis la limite Nord jusqu'à Millery et l'Orme, c'est-à-dire jusqu'aux environs d'Autun, les pendages convergent du côté de cette ville.

Les savants ne s'accordent pas sur la place qu'il convient d'assigner à ce groupe d'assises dans la succession des temps géologiques. Beaucoup le rapportent à l'époque permienne. D'autres le regardent comme représentant un étage supérieur de la formation houillère.

Une concordance parfaite de stratification existe-t-elle dans le bassin d'Autun entre les deux étages ? Cette importante question ne paraît pas encore bien éclaircie. Je serais porté à admettre une discordance transgressive, qui proviendrait de ce qu'après le dépôt inférieur le bassin aurait éprouvé des érosions et un certain déplacement qui en aurait modifié les contours. A l'appui de cette hypothèse on peut invoquer la position de la couche de schiste de Saint-Léger-du-Bois (marquée C sur la carte), qui est toute voisine des assises houillères du Grand Moloy. Au-dessous devraient exister les couches schisteuses de Lally et d'Igornay, si le groupe supérieur était complet; mais elles font défaut et l'on entre sur l'étage de la houille sans avoir rencontré leur horizon.

Voici la succession des couches de schiste oléifère qui ont été exploitées, en allant des plus anciennes aux supérieures.

J'en ai marqué les traces sur la carte et les ai distinguées par des lettres.

1° A. Groupe d'Igornay, composé de trois couches séparées par des bancs de grès, ayant chacune environ 3 mètres d'épaisseur et très-voisines des roches porphyriques qui encaissent le bassin au Nord. Leur schiste a été pendant longtemps distillé dans l'usine d'Igornay, dont les cornues sont depuis deux ans en chômage. Dans ces cornues, qui sont fixes et verticales, ils rendaient par mètre cube cassé 45 litres environ d'huile brute, qui était la plus légère de l'Autunois et celle dont on tirait la plus forte proportion d'huile épurée.

A ce même groupe doit appartenir la couche de puissance semblable exploitée non loin de là, également dans le voisinage des terrains primordiaux, à la Varenne (concession de la Petite Chaume). Le schiste, distillé dans des cornues cylindriques tournantes de petites dimensions, donne environ 55 litres d'huile brute, presque aussi légère que

celle d'Igornay, d'une belle couleur verte et d'un bon rendement à l'épuration.

2° B. Couche exploitée à Lally (concession de Champsigny) : épaisseur totale 3 mètres ; épaisseur utilisée 2m,60. Le schiste rend, dans les cornues tournantes, 50 ou 51 litres par mètre cube. L'huile brute a une forte densité et par suite un rendement assez faible en huile épurée.

3° C. Couche exploitée à Saint-Léger-du-Bois, épaisse d'environ 2m,50. Schiste rendant 40 litres au plus par mètre cube dans des cornues fixes verticales et produisant une huile brute d'assez belle qualité.

4° D. Couche de Muse et des Miens, dont l'exploitation est maintenant en chômage, de même puissance à peu près que la précédente. La situation qu'elle occupe dans l'ordre stratigraphique par rapport aux gîtes de Saint-Léger et de Dracy n'est pas encore bien établie.

5° E. On trouve ensuite une couche regardée comme la plus importante du bassin, dont le rendement en huile est relativement considérable, qui a été reconnue au centre et à l'ouest et présente partout les mêmes particularités dans sa structure minéralogique, caractérisée notamment par deux ou trois minces lits d'argile blanche. Son épaisseur est d'environ 3 mètres, sur lesquels on utilise 2m,50. Au centre on l'exploite dans les concessions des Abots et Dracy-Saint-Loup. Le schiste tiré de cette dernière rend environ 70 litres par mètre cube dans la cornue tournante. La même couche existe dans la concession de Surmoulin. A l'ouest c'est elle qui alimente les usines de trois concessions de Poisot, de la Comaille et du Ruet. Le schiste de la Comaille, traité en cornue tournante, paraît donner 75 litres au mètre cube : ceux de Poisot et du Ruet rendent en cornue fixe verticale 50 et 55 litres.

6° F. Dans la concession de Surmoulin, au lieu dénommé l'Orme, on exploite une couche d'un caractère tout différent. Elle n'a qu'un mètre d'épaisseur utilisable sur 1m,30

que l'on abat. Mais cela comprend une veine de 25 centimètres qui est un véritable boghead, à cassure résineuse, d'une grande légèreté spécifique. Distillé séparément dans des cornues fixes horizontales, le boghead a donné de 250 à 300 litres d'huile, de densité assez légère, mais d'épuration difficile, par mètre cube cassé du poids de 750 kilogrammes. Le reste du schiste est d'une couleur grise terne et renferme une notable proportion de calcaire dans sa composition; car il fait légère effervescence au contact des acides. Distillé en cornue tournante, il rend environ 75 litres d'huile par mètre cube.

7° G. On a enfin reconnu, dans la concession de Millery, une couche supérieure de bonne puissance, dont le schiste paraît assez riche, mais est dur à abattre et donne une huile brute de forte densité.

La description précédente montre que les gisements de schistes sont abondants et facilement accessibles. Nul doute que les couches signalées ne se maintiennent et ne se prolongent fort au delà des portions mises à découvert et que par suite la fabrication de l'huile minérale ne soit susceptible de beaucoup grandir si elle procure à ceux qui l'entreprennent un revenu assuré. J'ai d'ailleurs passé sous silence, pour abréger, les constatations moins complètes et moins probantes qui ont été faites dans les concessions où des travaux réguliers n'ont pas été créés et dans les terrains inconcédés.

Le côté faible et inquiétant de l'industrie autunoise est la modique proportion d'huile que les schistes donnent par la distillation, excepté le boghead, dont on n'a reconnu qu'une veine fort peu épaisse.

Expériences faites au laboratoire de Châlon. — Pour savoir si l'on peut légitimement espérer des progrès notables, soit en augmentant le rendement, soit en réduisant les dépenses et surtout la consommation de combustible, qui

en est une part très-importante, il m'a paru utile de soumettre des échantillons de schistes à des expériences plus rigoureuses que celles qui résultent de la pratique des usines.

Les matières que tout fabricant recueille de la première opération sont : l'huile brute, une fort petite quantité de goudron lourd, condensé dans les barillets et les portions de tuyaux qui précèdent les réfrigérants, et des eaux ammoniacales, qui ont été jusqu'à présent perdues.

En outre il se produit des gaz hydrocarburés, incondensables à la température ordinaire et à la pression atmosphérique, dont la combustion engendre beaucoup de lumière et de chaleur. Toutes les usines s'éclairent la nuit avec ces gaz, qu'on laisse échapper par des tubes embranchés verticalement sur les extrémités des serpentins. Plusieurs fabricants les font brûler en dessous des cornues et obtiennent par là une plus ou moins notable économie de combustible. Cependant, faute d'installations, on ne les utilise que d'une manière très-incomplète.

Les schistes distillés sortant des cornues renferment aussi des éléments combustibles ; d'abord du carbone libre, qui leur donne une couleur noire foncée, puis des hydrocarbures gazeux et même des hydrocarbures condensables, parce que la distillation n'a pas été poussée jusqu'à l'entier départ de tous les éléments volatils. Ils prennent généralement feu, soit en sortant des cornues, soit sur les tas où on les jette encore chauds, et ils y font des brasiers, dont la température est assez intense pour souder les uns aux autres les fragments par un commencement de vitrification. C'est seulement depuis notre enquête qu'on a essayé de profiter de cette source de chaleur.

Mes expériences sur des échantillons de schiste ont été de deux sortes.

Les premières, plus sommaires, ont consisté à chauffer jusqu'au blanc ou jusqu'au rouge clair la poudre de schiste

contenue dans un creuset bien clos, puis à brûler complétement dans un mouffle la poudre retirée du creuset. J'obtenais ainsi la proportion totale des matières volatiles, hydrocarbures, eau, etc., puis la proportion de carbone qui subsiste après le départ de ces matières.

La plupart des poudres ont été, après et avant la calcination, fondues avec un mélange intime de litharge dans un creuset fermé. Le poids du culot de plomb obtenu donne, on le sait, une mesure du pouvoir calorifique : cette mesure, assez exacte quand la substance essayée est dépourvue de principe gazeux, doit l'être beaucoup moins quand elle abandonne des gaz avant la complète fusion de la litharge, comme il arrive sans doute pour le schiste non distillé.

Voici le tableau des résultats :

NOMS DES MINES d'où proviennent les échantillons.	POUR 100 PARTIES de matières brutes.			QUANTITÉ de carbone non volatilisé par 100 parties que laisse la calcination.	PLOMB OBTENU par fusion de la litharge	
	Matières volatilisées — (a) I.	Carbone non volatilisé. — (a) II.	Résidu après complète volatilisation et combustion — (a) III.	— IV.	avec une partie de la poudre calcinée. — (b) V.	avec une partie de la poudre brute. — (b) VI.
Igornay	22,05	7,52	70,43	9,65	2,60	6,08
Lally	22,75	5,75	71,50	7,44	2,52	5,15
Dracy-Saint-Loup	27,53	9,33	63,14	12,87	5,13	7,71
Les Abots (Echantillon exceptionnel, provenant d'un mince filet de la couche ayant quelque ressemblance avec le boghead).	34,20	19,53	46,27	29,67	10,80	14,26
La Comaille	26,35	9,87	63,78	13,40	4,26	8,37
Le Ruet	19,74	6,16	74,10	8,31	»	»
L'Orme (schiste gris)	30,07	1,89	68,04	2,63	»	»
L'Orme (Echantillon gris clair ressemblant à de l'asphalte)	19,35 (c)	»	»	»	»	»
L'Orme (boghead)	68,82 (d)	»	»	»	»	»

OBSERVATIONS.

(a) Les gaz qui s'échappent autour des couvercles des creusets, dans les premiers moments de la volatilisation, entraînent avec eux des poussières impalpables. De là résulte que les nombres de la *colonne I* sont un peu enflés aux dépens de ceux des colonnes II et III.

(b) Pour apprécier la valeur des nombres des deux colonnes V et VI, il faut se rappeler qu'une partie de carbone pur donne à peu près 34 parties de plomb.

(c) La poudre de cet échantillon, soumise à la calcination, s'est fondue en une scorie noirâtre très-caverneuse et à surface brillante. Soumise à la combustion, elle n'a pas perdu une plus grande partie de son poids, et a laissé pour résidu une masse à peine agglutinée d'une couleur jaune pâle.

(d) La calcination à haute température du boghead dans de petits creusets a laissé une masse agglutinée, très-boursouflée, d'un gris clair et un peu jaunâtre, et ne tenant plus que fort peu de carbone.

Les conclusions suivantes se peuvent déjà déduire de ces nombres.

1° Les proportions de matières volatilisables contenues dans les schistes sont beaucoup plus grandes que celles qui correspondent aux quantités d'huile brute et d'eau ammoniacale qu'on en retire dans la pratique.

2° Les résidus, même quand on pousse la distillation à outrance, renferment une proportion de carbone dont la combustion sous la cornue produirait une grande économie, si on parvenait à l'effectuer d'une manière passable.

Mes secondes expériences ont été des distillations installées de manière à recueillir non-seulement les produits liquides, mais aussi les produits gazeux.

Comme pour faire un examen, même très-élémentaire, de ces produits il est nécessaire d'en obtenir une certaine quantité, je me suis servi d'une cornue dont la capacité est de 27 décilitres environ et qu'en remplissant à moitié, je chargeais de 1 kilogramme à 1^{kil},3 de schiste cassé en assez petits fragments, de 500 grammes seulement quand elle recevait du boghead. Il importait de pouvoir à volonté graduer la chaleur communiquée au schiste et de n'exposer aucune partie de la cornue à des coups de feu brusques ; car les résultats des distillations dépendent, comme on sait, beaucoup de la façon dont on les conduit. Pour avoir la plus grande quantité d'huile, il faut que la température de la masse schisteuse reste longtemps fort modérée et au-dessous du rouge : si on chauffe trop, on altère la nature des hydrocarbures et une notable partie de l'huile est remplacée par des gaz. Mais, le départ de l'huile entièrement effectué, pour recueillir à peu près tous les gaz, il faut élever la température et arriver à un rouge assez franc.

Le dispositif que j'ai adopté est représenté dans le croquis Pl. IX, *fig.* 1. Ma cornue A, qui était formée d'un étroit cylindre en tôle soudée, n'était pas placée directement sur le feu, mais suspendue par un collier B dans l'intérieur d'un manchon C, fermé en bas, ouvert en haut. Elle n'en touchait ni les parois, ni le fond ; mais l'air circulait librement dans l'espace qui restait vide entre les deux pièces. Le manchon, muni d'un pied cylindrique percé de trous, reposait sur la grille d'un fourneau à vent ordinaire de laboratoire. La cornue était ainsi chauffée dans un bain d'air, qui sans cesse se renouvelait, par le contact de cet air et par le rayonnement des parois du manchon que les flammes léchaient extérieurement. Une couche peu profonde de charbons de bois incandescents,

maintenue sur la grille autour du pied cylindrique, suffisait pour donner progressivement les températures dont il était besoin, le fourneau restant toujours grand ouvert. On fermait la cornue chargée par une plaque circulaire fortement boulonnée sur une bride, avec interposition d'une mince couche de mastic qu'un cercle intérieur saillant empêchait de déborder en dedans. De cette plaque partait le tube recourbé en cuivre D, par où s'échappaient les matières volatilisées. La branche descendante de celui-ci était refroidie par un linge maintenu mouillé et aboutissait à un cône E, plongé dans un petit bassin d'eau froide, où la condensation s'achevait aisément, car l'eau n'avait qu'une bien faible tendance à s'échauffer, et qui servait de séparateur entre les liquides et les gaz. Les liquides s'écoulaient par un mince tube F, tombaient dans une éprouvette de verre G, hermétiquement liée à l'appareil réfrigérant, et s'y superposaient par ordre de densité. Une tubulure H, adaptée au fond plat du cône, donnait issue aux gaz, qui par un tuyau en caoutchouc I se rendaient dans un récipient K. Cette dernière pièce est un cylindre en tôle, dont le fond supérieur bombé porte une tubulure L, par où les gaz entraient, et au bas duquel s'embranche un tube vertical M, muni d'un entonnoir N, avec un tube de trop plein O, dont le niveau correspond à la base de la tubulure L.

Avant de monter l'appareil pour une expérience, le récipient était rempli d'eau. Les gaz produits par la distillation chassaient une partie de cette eau, qui s'écoulait par le tube O et qui était reçue dans des seaux. Le volume écoulé, qu'il était facile de jauger, était celui des gaz. Pour opérer en toute précision, cette mesure aurait dû subir deux corrections d'effet inverse. D'une part, le volume gazeux contenu dans la cornue et dans une portion du tube recourbé D était dilaté par une assez haute température ; comme la capacité échauffée dont il s'agit était au plus de 2 litres 1/2, l'erreur qui en provenait était au-dessous de ce nombre. D'autre part, le

gaz renfermé était soumis à une certaine charge, mesurée par la différence des niveaux du trop plein O et de l'eau déprimée dans le récipient, différence qui a pu aller en moyenne à 30 centimètres et qui, dans ce cas, produisait une compression d'environ $\frac{3}{100}$. Tout compte fait, vu les volumes reçus, la compensation devait être à bien peu de chose près établie, et la correction finale, si elle eût pu se calculer exactement, eût certainement été trouvée inférieure à la portion d'erreur que les autres conditions de l'expérience comportaient. En somme les quantités de gaz obtenues ont dû être quelque peu au-dessous de celles que les schistes seraient à la rigueur susceptibles de donner; parce que je ne pouvais, sans risquer de détruire la cornue et ses accessoires, la chauffer au delà du rouge et que le départ des derniers gaz eût exigé une température plus forte, et parce que, dans un dispositif un peu complexe et avec des joints soumis à la chaleur, il est fort difficile d'éviter d'une manière absolue toute déperdition de gaz. Cependant, comme je prenais la précaution d'essayer les joints à l'air comprimé (*) avant et après chaque opération, je me suis assuré que les fuites totales n'avaient jamais pu être qu'une faible fraction des volumes mesurés.

Les produits liquides apparaissaient dans l'ordre suivant, qui est conforme à celui qu'on observe en fabrication : d'abord de l'eau ammoniacale, avec un peu de goudron lourd ; puis l'huile, accompagnée d'eau en plus ou moins grande proportion : à la fin l'eau derechef arrive seule.

Le courant de gaz commence à être abondant un peu avant la venue de l'huile ; il accompagne l'huile et l'eau finale, redevient volumineux après tout écoulement de li-

(*) Je comprimais l'air en versant de l'eau dans l'entonnoir N, l'appareil étant tout monté et le récipient étant vide. La compression correspondait à la hauteur du tube vertical M, c'est-à-dire à 80 centimètres d'eau.

quide, aux premières impressions d'une chaleur plus forte, décline ensuite peu à peu et met un long temps à disparaître.

Chaque distillation, pour être menée à fin, exigeait 5 ou 6 heures.

Je déterminais ainsi la densité du gaz. Un ballon de verre, dont j'avais mesuré le volume v, avait rempli d'air et bouché un poids p. J'enlevais le bouchon et tenant le ballon renversé j'introduisais dans le goulot un mince tube en caoutchouc, hermétiquement lié au bout du tube I, qui était détaché du cône réfrigérant. En versant de l'eau dans l'entonnoir N du récipient, je produisais un courant de gaz, et quand je jugeais le ballon bien purgé d'air, je remettais promptement le bouchon, en laissant choir le tube. Une nouvelle pesée me donnait un poids p' moindre que p. La température et la pression barométrique étant d'ailleurs notées, il était facile de calculer le poids q du volume d'air v. Dans les mêmes conditions le volume v de gaz pesait donc $q-(p-p')$, et sa densité par rapport à l'air était $\frac{q-(p-p')}{q}$. Aux nombres calculés d'après cette formule j'ai appliqué une correction de quelque importance. A l'origine une partie de la cornue, les tubes, le cône réfrigérant, soit un volume de 3^{lit},6, étaient remplis d'air. Cet air, balayé par les gaz et vapeurs de distillation, a été transporté dans le récipient: il était donc mêlé au gaz recueilli. Soit V le volume en litres jaugé par l'écoulement de l'eau du récipient, δ la densité déterminée comme il est dit ci-dessus, d la densité qu'aurait le gaz non mélangé d'air ; on a l'équation :

$$V\delta = 3,6 + (V - 3,6)\,d, \text{ d'où } d = \frac{V\delta - 3,6}{V - 3,6}.$$

Le gaz, lancé au dehors de la même façon par un tube de verre, prenait feu au moindre contact d'un corps enflammé, et la combustion s'est toujours faite avec une vive lumière.

Le tableau suivant donne les résultats de ces distillations. Il indique aussi les pesanteurs spécifiques des huiles et des eaux ammoniacales obtenues et celles des pierres schisteuses mises en expérience, la perte de poids que des fragments des schistes distillés ont éprouvée lorsqu'on les a soumis à une combustion complète, qui en a fait disparaître le carbone et ce qui pouvait encore rester d'hydrocarbures. Les résultats sont rapportés à 1 kilog. de schiste et les volumes de gaz sont ramenés à la température de 0 degré et à la pression de 760 millimètres de mercure.

J'avais d'abord employé un récipient trop petit, que j'ai dû changer; car chaque fois le gaz en débordait après avoir expulsé toute l'eau. De là vient que pour trois expériences je n'ai déterminé qu'un minimum de la quantité de gaz et non la quantité réelle.

PROVENANCE des schistes.	PESANTEURS spécifiques de ces schistes.	PRODUITS DE LA DISTILLATION pour 1 kilogramme de schistes. Huile limpide. — Centimètres cubes.	Goudron et huile épaisse. — (1) Centimètres cubes.	Eau ammoniacale. — Centimètres cubes.	Gaz. Litres à zéro degré et à la pression de 0m.76 de mercure	PESANTEURS spécifiques de l'huile limpide.	de l'eau ammoniacale.	TEMPÉRATURE à laquelle ces pesanteurs spécifiques ont été mesurées Degrés du thermomètre centigrade.	PESANTEURS spécifiques des gaz, celle de l'air étant prise pour unité.	PERTE de poids qu'a subie le schiste par la distillation. — Pour 100 parties.	PERTE de poids que des fragments des schistes distillés ont subie par la combustion. — Pour 100 parties.
Igornay.	2,09	78 (2)	8	76	53	0,847	1,011	16	0,563	20,4	13,3 11,1 8,8
La Varenne. .	1,95	56 (3)	non mesuré.	67	plus de 51 (4)	0,862	1,016	12	0,565	20,4	12,4 12,9
Lally (5). . . .	1,96 1,99 2,00	64 (6)	2	86	73	0,901	1,014	9 1/2	0,594	22,6	13,3 14,7 11,3
Cordesse. . . .	1,73	83 (6)	8	82	plus de 69 (4)	0,857	1,015	10	0,613	23,2	21,9 23,9
Le Ruet.	1,95	53 (6)	non mesuré	76	60	0,877	1,012	8	0,534	18,2	10,2 7,6
La Comaille. .	2,06	65 (6)	3	87	plus de 47 (4)	0,880	1,009	12	0,637	»	8,7 8,6
L'Orme. . . . . Schiste gris.	2,01	82 (6)	15	29	120	0,879	1,017	14 1/2	0,855	28,0	4,7 6,3 6,3
L'Orme. . . . . Boghead.	1,20	488 (7)	20	10	133	0,854	»	14 1/2	0,850	61,1 (8)	14,0 12,1 11,1

OBSERVATIONS.

(1) Le goudron lourd ne se sépare pas bien de l'eau et y reste en partie suspendu à l'état de grumeaux ; on n'a donc pu en mesurer qu'approximativement les volumes.

(2) Huile d'un vert foncé.

(3) Huile d'un beau vert, non très-foncé.

(4) Expérience faite avec un récipient trop petit.

(5) La prise d'essai a été composée avec des échantillons des trois bancs dont la réunion constitue la couche exploitée. On les a mêlés dans la proportion des épaisseurs de ces bancs, afin de rapprocher la prise d'essai de la teneur moyenne du minerai.

(6) Huile d'un brun foncé.

(7) Huile foncée, à reflets légèrement verdâtres.

(8) Le résidu, dont le volume est beaucoup moindre que le volume primitif, est une sorte de coke noir, très-poreux. A cause de cette porosité, il est d'une combustion très-facile.

Les quantités de gaz ainsi recueillies ont singulièrement excédé les appréciations des fabricants et les résultats de leur expérience pratique. En effet un jaugeage exact fait à Lally au moyen d'un compteur a seulement indiqué un volume de 19 mètres cubes de gaz pour 1 mètre cube de schiste et des mesurages analogues exécutés précédemment au Ruet et à Millery avaient donné 20 mètres cubes. L'énorme différence tient surtout à ce que dans les usines la distillation n'est pas poussée aussi loin et, pour une beaucoup plus petite part, à l'habitude de laisser ouverts les barillets situés entre les cornues et les serpentins pendant la première période de l'opération, qui précède la formation de l'huile et qui donne d'abondantes vapeurs aqueuses. On voit que pour les schistes ordinaires le volume de gaz qu'on peut engendrer, même en conduisant le chauffage de manière à obtenir le plus grand rendement en huile, est en moyenne au moins le quart de ce que donnent à poids égal les bonnes houilles à gaz. Pour le boghead et le schiste de l'Orme la proportion est de plus de moitié.

Le gaz de ces derniers minerais est en outre beaucoup plus dense que celui de la houille, par conséquent apte à développer plus de chaleur et de lumière. Les gaz des autres schistes, dans les expériences où ils ont été entièrement recueillis, ont présenté au contraire à peu près la même densité que le gaz d'éclairage ordinaire. Pas plus d'ailleurs que lorsqu'on distille la houille, la densité du gaz qui sort de la cornue n'est constante. C'est ce que m'a bien montré une expérience manquée sur un schiste de la Comaille (*). Lorsque j'ai dû l'interrompre, à cause d'une fuite dans le joint de la cornue, le récipient n'avait encore reçu que 14 litres pour 1 kilog., et la densité par rapport à l'air s'est trouvée être 0,903.

(*) Ce n'est pas le même schiste qui a servi à l'expérience rapportée dans le tableau.

Les quantités d'huile ont dans ces essais dépassé notablement, du moins dans leur ensemble, celles que donne la pratique industrielle, même avec les cornues tournantes. Les excès de rendement ont pu en partie provenir de ce que mes échantillons étaient meilleurs que les minerais moyens. Cependant le boghead, qui paraît une matière de structure très-uniforme, et le mélange des schistes des divers bancs de la couche de Lally, composé avec un soin particulier, n'ont nullement fait exception. J'attribue surtout la différence dont il s'agit à l'usage qu'ont les fabricants d'arrêter la distillation avant que toute trace d'huile ait disparu dans le filet liquide qui coule des serpentins, mais dès que l'eau se remet à y dominer et que l'émission d'huile leur semble devenue insignifiante. Ces derniers jets, très-faibles en apparence et sujets à des intermittences, se continueraient encore longtemps et ne laisseraient pas en somme d'accroître le rendement d'une manière très-sensible. Les fabricants obéissent, peut-être plus qu'ils ne devraient, à cette tendance universelle en industrie d'opérer rapidement pour économiser la main-d'œuvre et retirer une plus grande somme de produits du matériel actif.

Il ne faudrait pas d'ailleurs classer la valeur respective des mines de l'Autunois d'après les données du précédent tableau. Celles de la Comaille et du Ruet, la première surtout (*), n'y ont pas le rang que leur assignerait la richesse moyenne de leurs schistes.

Le boghead exploité à l'Orme est, on le voit, un minerai magnifique, et s'il était abondant, l'Autunois pourrait défier toute concurrence. Malheureusement, comme il a été dit, on n'en connaît qu'un lit dont l'épaisseur est de 25 centimètres seulement.

(*) Lorsque l'échantillon de la Comaille m'a été envoyé, les meilleurs quartiers de cette mine étaient noyés, et l'exploitation se faisait sur des affleurements et des couches secondaires ordinairement négligés.

Si on calcule d'après les nombres du tableau les poids des produits liquides et gazeux (dans ces calculs on peut avec une très-suffisante approximation prendre l'unité pour la pesanteur spécifique des goudrons et huiles épaisses) et si on compare les sommes aux chiffres de l'avant-dernière colonne numérique, qui donne, par observation directe, la perte de poids totale, on trouvera des différences en moins qui varient d'une unité et demie à 3 unités. Elles ont dû avoir en partie pour cause les petites pertes non évitées pendant l'opération même et une continuation lente de la distillation lorsque, l'opération étant regardée comme terminée, on isolait du reste de l'appareil la cornue encore chaude. Une autre cause, certainement très-réelle, était l'entraînement par le courant gazeux et la condensation dans le récipient d'un peu de vapeurs aqueuses, ammoniacales, huileuses, hydrosulfureuses (car les schistes contiennent de la pyrite), et surtout de quelques essences hydrocarburées très-légères et très-volatiles. A l'usine de Lally, où les gaz sont emmagasinés sous une cloche, on recueille une petite quantité de ces essences. L'eau introduite claire dans mon récipient en sortait odorante, un peu jaunâtre et louche, ne manifestant d'ailleurs aux réactifs chimiques ni acidité, ni alcalinité sensible.

Les éléments hydrocarburés qui ne se dégagent pas dans les distillations industrielles, mais qui au laboratoire ont donné un surplus d'huile et un si grand surplus de gaz, doivent exister dans les schistes sortant des cornues et augmenter leur combustibilité et leur puissance calorifique.

Lorsqu'en effet, on jette sur un brasier incandescent un fragment de ces schistes, il en sort aussitôt une courte flamme, ce qui n'arriverait certes pas s'ils ne contenaient qu'un peu de carbone disséminé dans une terre inerte. Quand on en remplit un creuset et qu'on le porte bien couvert dans un moufle chauffé au rouge, des fumées s'échappent tout autour du couvercle et prennent feu. Leur

flamme est d'abord brillante, à cause des fines poussières entraînées ; elle se ternit ensuite, mais dure longtemps, sous la forme de petits jets ou d'une auréole.

J'ai eu les résultats numériques qui suivent en calcinant en creuset clos, puis en brûlant du schiste distillé de l'usine de Lally, qu'on avait eu la précaution d'étouffer après le déchargement.

NUMÉROS des expériences.	MATIÈRES volatilisées par calcination pour 100 parties.	CARBONE non volatilisé pour 100 parties.	TOTAL.
1	11,00	12,4	23,4
2	10,50	13,2	23,7
3	10,30	11,7	22,0

La conclusion de ces expériences était que les fabricants d'huile minérale devaient s'appliquer à utiliser aussi complétement que possible les gaz que les schistes abandonnent dans la distillation, les gaz et le carbone qu'ils retiennent. Il y avait là pour eux un moyen d'économie non moins important que ne l'a été pour les métallurgistes l'emploi des gaz de leurs hauts fourneaux et des flammes perdues de leurs fours à puddler et à réchauffer.

Nouveau four installé à Lally pour brûler les schistes déjà distillés sous les cornues verticales. — M. Chosson a donné la description des procédés et appareils mis en œuvre jusqu'en ces derniers mois dans les usines de Lally, d'Igornay, du Ruet et de la Comaille pour arriver à chauffer les cornues de première distillation par les schistes distillés et les gaz. Les essais d'Igornay et du Ruet avaient montré la possibilité d'une bonne combustion des schistes ayant déjà passé en cornue fixe verticale, mais n'avaient pas abouti à un succès pratique, parce que la distillation ne s'opérant pas à l'abri de tout contact de l'air ne produisait que de l'huile très-grasse, dont on ne pouvait tirer parti pour l'éclairage. Les essais de Lally et de la Comaille, exécutés

dans des fourneaux de cornues tournantes, avaient permis de réaliser, sans aucune altération de la qualité de l'huile brute, une très-notable économie sur la consommation de la houille, en ne résolvant toutefois qu'imparfaitement le problème de brûler les résidus de la distillation.

Depuis lors, l'actif et intelligent directeur des usines de Lally et de Saint-Léger a bien voulu me faire part d'une nouvelle expérience qu'il a entreprise sur l'une des cornues verticales de son vieux matériel et qui, poursuivie pendant un mois et demi, paraît avoir réussi au delà de nos espérances.

La cornue fixe verticale C (Pl. IX, *fig.* 2 à 4), de la contenance de 6 hectolitres et demi, garantie par une chemise en briques *a*,*a* dans sa partie inférieure, est placée au-dessus d'une cuve en maçonnerie L, dont la forme est celle d'un prisme rectangulaire surmonté d'un arceau et dont la contenance est d'environ trois fois celle de la cornue. L'orifice de déchargement P, qui débouche dans cette cuve, se ferme par un tampon Q en terre réfractaire, soutenu par une tige verticale dont la partie supérieure, filetée et munie d'une poignée B, passe dans un écrou R faisant corps avec la cornue elle-même. Entre la cornue et la maçonnerie un vide est laissé pour le passage des flammes et des gaz de la combustion, qui montent de la cuve par les quatre ouvertures O : les cloisons horizontales partielles S. S les forcent à se répandre dans tout cet espace, avant de s'échapper par le rampant T. U est la porte de chargement; E la tubulure par laquelle sortent les vapeurs huileuses et qui se raccorde au tuyau du serpentin. D, D sont des portes tenues ouvertes ou imparfaitement fermées; I est un regard. Lorsque la cornue fonctionne, la cuve contient le schiste incandescent des trois précédentes opérations, dont la combustion est alimentée par l'air que les portes D laissent passer. La distillation achevée, on retire par les ouvertures D la quantité de schiste correspondant à une fournée, de manière à faire

dans la cuve un vide suffisant. Puis on abaisse le tampon Q et la cornue se décharge. On relève alors le tampon, on ouvre la porte U, et avant d'y verser le schiste frais destiné à l'opération suivante, on jette quelques pelletées de cendre, qui tombant autour du tampon suffisent pour faire bonne fermeture.

Les distillations durent chacune quatorze heures et se succèdent ainsi sans exiger d'autre source de chaleur. La dépense de charbon est donc entièrement évitée : de plus les gaz hydrocarburés qui sont engendrés en même temps que l'huile restent disponibles et pourront être employés à chauffer les chaudières où se fait l'épuration de l'huile brute.

Le nouveau procédé a donné un autre résultat non moins favorable et qui n'était guère prévu. Le rendement en huile brute est devenu notablement plus grand sans que la densité de cette huile ait augmenté. En chauffant avec la houille des cornues semblables dans des foyers latéraux, on obtenait autrefois de 23 à 30 litres par opération : on obtient maintenant de 38 à 45 litres, proportion qu'on ne dépasse certainement pas dans les cornues tournantes où l'on fait passer le même minerai.

La cause du moindre rendement qu'on retire du schiste avec l'ancien matériel est que la partie inférieure du vase de fonte est très imparfaitement chauffée. Dans l'installation ordinaire l'orifice P de déchargement, fermé par une porte, donne sur une galerie voûtée où les courants d'air ont libre accès et qui sert à l'enlèvement du schiste distillé. Pour éviter qu'une partie du minerai échappe à la distillation, on garnit le fond de la cornue d'une brouettée de pierres déjà cuites. Mais ces matières poreuses, dont la température est relativement basse, remplissent le rôle de condenseur et s'imprègnent d'une portion de l'huile. Dans le four que représentent les *fig.* 2 à 4 le fond est au contraire chauffé tout autant que le reste de la masse.

Valeur comparative de l'huile de schiste et du pétrole. — L'huile de schiste ne trouve dans le commerce que des prix de vente notablement inférieurs à ceux du pétrole, et l'écart est généralement de 5 à 8 francs par hectolitre.

Cette préférence donnée au pétrole provient de ce qu'étant moins dense et plus volatil il brûle avec plus de facilité dans les lampes et avec un moindre dégagement de particules fulgineuses et de ce qu'il s'en émane moins d'odeur. Son emploi beaucoup plus répandu a aussi fait disparaître ou rendu rare l'ancien type des lampes à l'huile de schiste, qui au-dessus d'une mèche cylindrique présentaient un disque horizontal rabattant la flamme et la forçant à s'épanouir circulairement entre deux courants d'air. La plupart des consommateurs ne connaissent plus maintenant que les lampes à mèche plate, coiffée d'une capsule fendue longitudinalement, qui sont d'un usage commode et excellentes pour le pétrole, mais moins aptes à bien brûler l'huile de schiste.

En compensation des causes d'infériorité que je viens de mentionner, cette dernière a cependant sur le produit concurrent deux avantages très-sérieux. Elle est beaucoup moins dangereuse, parce qu'elle est moins prompte à s'enflammer et n'abandonne que très-peu de vapeurs aux températures ordinaires. Elle a un pouvoir éclairant sensiblement plus fort.

J'ai pu vérifier ce dernier fait avec un bon photomètre que possède l'usine à gaz de Châlon. J'ai comparé la lumière d'un pétrole, ayant pour pesanteur spécifique 0,797 à la température de 17 degrés 1/2 et représentant bien par sa transparence incolore, par sa facilité de combustion et par la blancheur de sa flamme le type des liquides ainsi dénommés, avec la lumière de deux échantillons d'huile épurée de Lally, dont la pesanteur spécifique à la même température était 0,820 et 0,802. La clarté que produit la combustion d'un gramme de pétrole étant exprimée par 1,

celles qu'on obtient avec 1 gramme des deux huiles de Lally se sont trouvéès être 1,14 et 1,12. Le gramme de pétrole équivalait d'ailleurs à 1g,42 de bougie stéarique de l'Étoile. La flamme de l'huile de schiste paraissait d'un blanc un peu moins pur.

Statistique de la production de l'huile de schiste dans l'Autunois. —Avant que l'importation du pétrole en Europe, stimulée par le prodigieux succès des recherches entreprises dans les États-Unis et par l'activité industrielle et commerciale des Américains du nord, eût pris le développement et la régularité qu'on lui voit aujourd'hui, la fabrication des huiles de schiste comportait de beaux et faciles bénéfices et croissait rapidement en France. Lorsque la concurrence étrangère a entraîné une baisse énorme des prix, la production autunoise a légèrement diminué, puis s'est relevée sur le pied d'environ 90.000 mètres cubes de schiste cassé par an; correspondant à 45.000 hectolitres d'huile brute et 22.000 hectolitres d'huile légère raffinée. Par cette persistance à durer dans des conditions si différentes de celles qui lui avaient permis de se fonder, elle a fait preuve d'une vitalité assez forte; mais les bénéfices ont disparu et beaucoup d'exploitants ont été en perte.

Le premier des tableaux qui suivent résume, d'après les données statistiques recueillies par les ingénieurs des mines, la marche de l'industrie de 1860 à 1870.

Les prix moyens qui sont marqués forment une décroissance continue; mais souvent d'une saison à l'autre d'une même année les cours ont subi des fluctuations très-grandes, selon l'abondance des arrivages d'Amérique. C'est ainsi qu'en 1865 et en 1866 on a vu les cours des huiles légères toucher à 45 francs, ce qui était alors regardé comme extrêmement bas, remonter jusqu'à 90 francs, puis revenir au taux précédent. Dans l'état régulier des relations commerciales et en l'absence de droit de douane frappant le pétrole, le prix normal de l'huile légère de schiste à la

sortie des usines semble désormais ne devoir pas s'élever au delà de 30 à 35 francs l'hectolitre.

Le deuxième tableau est une énumération des usines et des appareils de première distillation, tels qu'ils existaient en 1869. Les cornues tournantes du système Malo pouvant distiller par jour 4 mètres cubes, celles du système Lahore $1^{mc},05$, les cornues fixes environ 6 hectolitres, en admettant même qu'en pleine activité un tiers du matériel doive chômer pour refaçons et réparations, l'ensemble des usines était annuellement capable de traiter 135.000 mètres cubes et de produire 67.000 hectolitres d'huile brute.

TABLEAU N° 1. — *Mouvement de la production des schistes et des huiles de schistes dans l'Autunois, de 1860 à 1869.*

ANNÉES.	SCHISTES EXTRAITS.		HUILE brute.	PRIX moyen de l'hectolitre d'huile brute.	HUILE légère.	PRIX moyen de l'hectolitre d'huile légère.
	Mètres cubes.	Quintaux métriques.	Hectolitres.		Hectolitres.	
				francs		francs.
1860	»	429.410	17.441	35	7.377	70
1861	»	434.410	19.757	35	7.764	65
1862	63.600	848.471	28.258	35	14.263	65
1863	81.323	1.066.400	40.300	25	21.490	56
1864	102.217	1.285.560	54 539	23	26.441	50
1865	95.083	1.267.573	51.230	23	25.243	53
1866	86.851	1.158.730	47.431	21	24.687	53
1867	66.917	892 008	35.399	18	19.011	33
1868	81.519	1.086.925	35 691	16	16.115	32
1869	100.417	1.138.891	»	»	»	»

N. B.— Les défauts de concordance qu'on peut remarquer entre les quantités de schistes et les quantités d'huile brute et d'huile légère tiennent à ce que le stock des schistes extraits de la mine et non encore distillés varie souvent dans le cours d'une campagne.

TABLEAU N° 2.— *Énumération des usines dans lesquelles les schistes étaient distillés, et des appareils de première distillation qu'elles contenaient en 1869.*

NOMS DES USINES.	CORNUES FIXES		CORNUES TOURNANTES.	
	verticales.	horizontales.	Système Lahore.	Système Mâlo.
Igornay	60	»	»	»
La Varenne	»	»	10	»
Lally	92 (1)	»	»	16
Saint-Léger-du-Bois	36	»	»	»
Les Miens	38 (2)	»	»	»
Muse	42 (3)	»	»	»
Dracy-Saint-Loup	20	»	»	10
Les Abots (Duverne)	10	»	»	8
Les Abots (veuve Germain)	30	»	»	»
Poisot. - Usine Legros	48	»	»	»
Poisot. - Usine Villedey	68	»	»	»
La Comaille	27	»	»	6
Le Ruet	26	»	»	»
Surmoulin	30 (4)	»	»	»
L'Orme	»	12 (5)	»	»
Millery	»	»	37 (6)	»
Total	527	12	47	40

OBSERVATIONS.

(1) Les cornues verticales étaient inactives.
(2) Usine inactive.
(3) Usine inactive.
(4) On démolissait cette usine et on remplaçait ses cornues verticales par des cornues tournantes montées à l'Orme.
(5) Cornues servant à la distillation du boghead.
(6) Appareils inactifs.

Prix de revient de la fabrication. — M. Chosson indique dans son rapport les prix de revient de plusieurs usines. Si l'on considère le prix moyen applicable à un schiste qui en cornue tournante rendrait 60 litres d'huile brute par mètre cube abattu et cassé, on peut l'établir sur les bases suivantes :

1° EXTRACTION ET CASSAGE DU MINERAI.

Pour 1 mètre cube :

	francs.
Frais spéciaux d'extraction	3,50
Cassage	0,45
Frais généraux d'administration et amortissement du capital engagé dans les ouvrages d'installation et d'aménagement	0,55
	4,50

Les dépenses de cette catégorie entreront par conséquent à elles seules pour 7f,50 dans le prix de revient de l'hectolitre d'huile brute, obtenue par les meilleurs appareils.

C'est là une quote-part que je crois assez largement calculée, qui pourtant dans l'avenir ne sera pas susceptible de réduction. Sans doute certaines améliorations se pourraient réaliser. Ainsi sur plusieurs mines les moyens d'épuisement sont insuffisants, et presque chaque année, dans la saison pluvieuse, les galeries subissent des inondations qui causent de grands préjudices. Mais d'un autre côté l'affluence des eaux grossira avec l'extension des travaux en même temps qu'il faudra les élever d'une plus grande profondeur, et les transports souterrains deviendront plus longs et plus dispendieux.

2° FABRICATION DE L'HUILE BRUTE.

Les cornues fixes chauffées à la houille ont pendant longtemps été seules employées pour le traitement des schistes, et la plus grande partie du matériel de la première distillation est encore formée.

On peut admettre que la main-d'œuvre spéciale du traitement de 1 mètre cube de schiste dans ces appareils coûte en moyenne	0,85
La consommation de charbon, lorsque ce combustible est seul employé, est à tout le moins de 1 hectolitre 1/2, qui, au prix de 1f,50, revient à	2,25
A quoi il faut ajouter la valeur de 1 mètre cube de minerai cassé	4,50
Somme	7,60

Le mètre cube ainsi traité ne rendant pas plus de 50 litres pour un minerai réputé de très-bonne qualité, ces frais

	francs.
rapportés à l'hectolitre d'huile brute montent à.	15,20
Pour ne pas rester au-dessous du vrai, il est indispensable de tenir en outre compte de l'intérêt du capital de construction (*), de l'usure du matériel et des frais généraux; c'est les renfermer dans de modiques limites que les porter à 3 francs l'hectolitre.	3,00
Prix de revient total.	18,20

L'hectolitre d'huile brute ne valant pas dans les dernières années plus de 15 ou 16 francs, il y avait, comme on voit, gros déficit.

Cependant plusieurs fabricants ont réduit notablement la consommation du combustible en utilisant le gaz que les schistes abandonnent. Leprocédé est des plus simples et ne nécessite aucune sérieuse dépense d'appareils. Le gaz, au sortir du réfrigérent, est recueilli par un tube qui est embranché sur l'extrémité du serpentin et qui, d'abord vertical, se recourbe pour aboutir dans le foyer, au-dessus de la grille, par une ou deux lances. Pour chaque jet de gaz on ménage, à travers la maçonnerie du fourneau, une petite ouverture qui sert de prise d'air.

Le défaut de cette disposition est que le gaz n'arrive pas au moment le plus opportun. Il ne devient abondant qu'au bout de cinq à six heures, et alors il ne faut plus qu'une flamme très-modérée pour achever la distillation : on a besoin, au contraire, d'un feu vif au début pour chauffer rapidement le schiste frais et déterminer le départ des vapeurs d'eau. On pourrait, sans beaucoup plus d'installation, mieux utiliser cette source gratuite de chaleur en divisant, pour la conduite du feu, les cornues d'une usine en plusieur groupes, qui ne seraient pas mis en charge ni dé-

(*) Une cornue verticale, son fourneau et ses accessoires coûtent 12 à 1.300 francs, et elle pourrait produire dans l'année, en marchant trois cents jours (ce qui n'aurait lieu que dans une usine dont l'activité serait soutenue), 90 hectolitres d'huile. Dans ces conditions elle ne durerait pas plus de trois ou quatre ans.

fournés aux mêmes heures. Les hydrocarbures incondensés se rendraient d'abord dans une conduite distributrice générale, d'où partiraient les tuyaux, pourvus de robinets, allant aux foyers. Mais cette marche alternante entraînerait dans la pratique des assujettissements et des complications, d'où résulteraient une plus grande difficulté de surveillance et très-probablement un surcroît de main-d'œuvre. Aussi, et je crois que c'est à tort, n'a-t-elle pas prévalu. La meilleure manière d'utiliser le gaz est de le recueillir dans un vaste récipient ou gazomètre d'où on le tire selon les besoins; mais c'est un établissement assez dispendieux.

On a reproché en outre à la combustion du gaz de brûler la fonte sur les points qui font face à la flamme. Il semble qu'il serait assez facile d'éviter cet inconvénient, soit en divisant les jets, soit en disposant devant eux des écrans en briques.

Les fabricants qui ont profité de cette combustion auxilliaire évaluent de $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{4}$ l'économie de houille qu'ils ont réalisée. On peut regarder la consommation de $1^{hect},2$ par mètre cube comme celle à laquelle les plus habiles et les plus soigneux sont descendus. C'est sur le calcul précédent une réduction de $0^f,45$ par mètre cube, de $0^f,90$ par hectolitre d'huile : il reste un prix de revient de $17^f,30$ par hectolitre; ce qui est encore beaucoup trop élevé.

Bon nombre de cornues verticales ont continué cependant à fonctionner dans ces conditions; mais c'était un matériel qu'on usait jusqu'à ce qu'il fût hors de service et dont la valeur n'était plus comptée pour rien. En réputant perdu le capital d'établissement, en négligeant même l'aménagement et l'avenir de leur mine, tout ce que pouvaient faire les exploitants qui opéraient ainsi était de rentrer à grand' peine dans leurs frais indispensables.

Naguère encore les cornues fixes semblaient donc tout à fait condamnées. Cette conclusion est changée d'une ma-

nière très-heureuse par la démonstration acquise à Lally qu'on peut, moyennant une nouvelle disposition du four qui n'a rien de compliqué ni de bien coûteux, les faire fonctionner sans dépense de houille, avec la seule combustion du schiste dont l'huile vient d'être retirée, et qu'en même temps la production se trouve fort augmentée. Supprimons en effet, dans les précédents calculs le prix du charbon et portons le rendement de 50 à 60 litres, en conservant d'ailleurs les mêmes éléments. Le prix de revient de l'hectolitre d'huile brute est par là réduit à 11f,92, ou 12 francs en nombre rond. La distillation opérée de la sorte donnera en outre comme produit accessoire une grande quantité de gaz, utilisable comme source de chaleur ou comme source de lumière; et le vieux matériel du pays d'Autun pourra par cette transformation redevenir d'un très-profitable emploi.

Les cornues tournantes ont sur les cornues verticales à foyer ordinaire le très-grand avantage d'augmenter le rendement au moins de 20 p. 100. L'huile brute qu'elles produisent est, il est vrai, un peu plus dense et par suite donne une proportion un peu moindre d'huile légère à l'épuration. Mais cette différence de densité, qui est seulement de quelques millièmes, ne saurait être mise en balance avec le produit plus abondant.

	francs
Le prix de la main-d'œuvre de la distillation avec les cornues du système Malo, qui sont les plus répandues et qu'on charge de 2 mètres cubes de schiste environ, se peut estimer par chaque mètre cube à.	0,75
Lorsque le chauffage se fait uniquement avec du charbon, on en dépense 1 hectolitre par mètre cube. La consommation de la machine qui fait tourner les cornues, rapportée à la même quantité de matière, est d'environ 0hectol,28, en tout 1hectol,28 à 1f,50.	1,92
Ajoutons-y la valeur moyenne du minerai.	4,50
Somme.	7,17

Le rendement moyen étant, comme je l'ai dit, estimé de

60 litres, la même dépense rapportée à l'hectolitre d'huile brute est. 11,95

Quoique l'installation d'un jeu de cornues tournantes, avec ses transmissions de mouvement et sa machine, soit en elle-même coûteuse, comme chaque appareil est d'une beaucoup plus forte production, elle grève moins, en somme, le prix de revient de l'hectolitre que l'installation des cornues verticales. Elle n'exige pas non plus beaucoup de réparations et d'entretien (*). J'ai donc tout lieu de penser qu'on tiendra suffisamment compte de ces sources supplémentaires de dépenses en augmentant le prix de revient de. 2,50

Prix de revient total. 14,45

De nouveaux progrès étaient donc nécessaires. Il n'y a guère à espérer, du moins tant qu'on opérera la distillation sous la pression ordinaire et sous la simple action de la chaleur, qu'on parvienne à augmenter le rendement. Dans les appareils tournants, quel qu'en soit le type, le chauffage se fait d'une manière aussi douce et aussi égale que possible et le produit plus ou moins abondant dépend surtout des soins que met le fabricant à éviter les fuites, de sa patience à attendre que la distillation soit bien complète avant de défourner. C'est sur l'économie du combustible, qui, d'après le compte précédent, entre pour 3f,20 dans le prix de l'hectolitre, que l'attention doit surtout se porter.

Un premier moyen qui se présente à l'esprit, dont l'efficacité était d'ailleurs démontrée par une expérience faite autrefois à Lally sur une très-large cornue cylindrique et par la supériorité des cornues Malo sur les petites cornues du système Lahore, consistait à augmenter les diamètres. En effet, les appareils tournants ne se prêtent pas à la con-

(*) Une cornue tournante et son fourneau coûtent 6.000 francs et demande une force motrice d'un cheval. Traitant 4 mètres cubes de schiste par jour, elle peut, dans l'année ou trois cents jours de travail, donner 720 hectolitres d'huile. Elle durerait au moins cinq ans en marchant en pleine activité.

struction de carneaux de flamme de forme compliquée. Ils doivent être chauffés d'un seul jet dans un fourneau ne présentant qu'une chambre : si les dimensions sont trop restreintes, le parcours utile de la flamme est donc très-faible et la plus grande partie de la chaleur disparaît en pure perte par la cheminée. L'exploitant de Dracy-Saint-Loup, en portant le diamètre de $1^m,75$ à $2^m,50$ et la contenance de 2 à 6 mètres cubes, a réalisé une économie de $0^{hect},30$ de houille, soit de $0^f,45$ par mètre cube de schiste à distiller, ce qui correspondrait à $0^f.75$ par hectolitre d'huile brute, avec le rendement que j'ai supposé.

A Lally on utilise, depuis 1868, comme combustible auxiliaire le gaz engendré par la distillation, qui est recueilli dans des gazomètres au moyen d'une pompe mue par une machine à vapeur. L'emploi du gaz seul, avec un gazomètre de capacité insuffisante et des fuites dans la conduite qui faisaient perdre environ le tiers de la quantité disponible, a procuré dans les foyers des cornues une économie d'un demi-hectolitre par opération ou d'un quart d'hectolitre par mètre cube de schiste. Il en faut déduire la consommation de la petite machine d'extraction, qu'on peut estimer être $0^{hect},08$: reste $0^{hect},17$ de houille épargnée; ce qui fait $0^f,255$ par mètre cube de schiste ou $0^f,425$ par hectolitre d'huile brute. Une utilisation complète du gaz aurait porté cette économie à $0^f,75$.

La construction des gazomètres, des conduites, de l'extracteur, absorbe, il est vrai, un assez grand capital; mais ce surcroît de dépenses premières est largement compensé par un produit supplémentaire. Soit dans les gazomètres, soit sur certains points de la canalisation, on recueille une huile essentielle, dont la pesanteur spécifique est de 0,750 à 0,780. La quantité en est à Lally de 2 litres valant $0^f,50$, par hectolitre d'huile brute.

Depuis notre enquête de 1869, des essais en grand ont été exécutés pour brûler sous les cornues tournantes les

schistes déjà distillés et ont abouti à un commencement d'application industrielle. M. Chosson décrit les procédés très-simples qui ont été employés pour cet objet dans les usines de Lally et de la Comaille. A Lally on est ainsi arrivé, par l'emploi combiné du schiste distillé et du gaz, à réduire la dépense de la houille dans les foyers à un demi-hectolitre par mètre cube. A la Comaille le même résultat paraît avoir été obtenu avec le schiste distillé seul, sans utilisation du gaz. Le schiste y est, il est vrai, plus riche en principes combustibles, et les cornues étaient chargées plus qu'à moitié contenance et se rapprochaient plus de la forme cylindrique que les cornues à bouts tronconiques du système Malo.

Les modifications à introduire dans les fours n'augmentent d'ailleurs d'une manière appréciable ni les dépenses de construction ni la main-d'œuvre.

Les schistes distillés des cornues tournantes sont plus difficiles à brûler que ceux des cornues fixes, parce que le roulement des fragments les uns sur les autres produit beaucoup de poussière qui dans le four obstrue la plupart des vides et des interstices. On a remarqué à Lally que la combustion s'opère convenablement contre les parois le long desquelles l'air se fraye plus facilement chemin, tandis que la masse centrale se décarbure à peine. Peut-être obtiendrait-on de bons résultats de l'insufflation d'un courant d'air forcé, moyen qui se montrait très-efficace dans les intéressantes expériences de M. Roche, relatées par M. Chosson. L'emploi de l'air chaud serait certainement avantageux, et l'échauffement préalable se pourrait obtenir en faisant l'appel à travers des tuyaux qui seraient logés dans les cheminées des fours et autour desquels les flammes perdues circuleraient,

On ne consumera d'ailleurs jamais d'une manière parfaite les pierres schisteuses déjà cuites, qui tiennent environ 80 p. 100 de matière inerte et sont par suite des combus-

tibles ingrats. Leur gaz part aisément sous l'impression de la chaleur. Quant au carbone, il sera toujours impossible de le faire entièrement disparaître; car lorsqu'un fragment s'est recouvert d'une croûte blanche de quelques millimètres d'épaisseur, il y reste un noyau noir presque impénétrable à l'oxydation. Toutes les fois néanmoins que chaque pierre se sera blanchie à la surface, la combustion aura atteint la totalité des principes gazeux, une grande partie du carbone, et aura développé beaucoup de calorique.

Si l'on se reporte, d'une part, aux résultats déjà acquis par une utilisation incomplète dés gaz et des schistes distillés, de l'autre, aux indications supplémentaires tant des essais de laboratoire que de ceux qui ont été exécutés plus en grand dans les usines, on est, je crois, en droit de conclure qu'avec des cornues tournantes de grande capacité, bien installées et travaillant à forte charge, on arrivera à supprimer à peu près entièrement l'emploi de la houille. Le prix de revient moyen de l'huile brute, en y comprenant une rémunération convenable du capital engagé, descendra alors à environ 12 francs, comme avec la cornue verticale expérimentée à Lally par M. Aymard.

Le prix véritable pour chaque minerai, je n'ai pas besoin de le dire, varie d'ailleurs en plus ou en moins autour des moyennes ici calculées. Les schistes de Dracy-Saint-Loup et de la Comaille rendant environ 70 litres par mètre cube, il faut pour ces deux concessions réduire les moyennes de $\frac{1}{7}$. Il faudrait au contraire les augmenter pour les schistes de Lally, de la Varenne et d'Igornay, qui, en cornue tournante, ne peuvent guère donner plus de 50 litres. Les frais d'extraction sont, il est vrai, moins élevés qu'ailleurs dans ces mines, ce qui fait une compensation partielle.

3° ÉPURATION DE L'HUILE BRUTE.

Les procédés employés dans l'Autunois pour l'épuration de l'huile brute sont indiqués en détail par M. Chosson et je n'ai pas à en donner la description de nouveau. Les opérations successives rentrent toutes dans l'une des deux catégories suivantes :

1° Distillation dans une chaudière, conduite avec un feu très-doux et une température modérée, les serpentins des réfrigérents restant toujours ouverts à leur extrémité, par conséquent la pression excédant à peine celle de l'atmosphère. La masse hydrocarburée est ainsi fractionnée en un liquide plus léger, qui se volatilise et se recondense, et un liquide plus lourd, qui reste dans la chaudière.

2° Décoloration des huiles, soit légères, soit lourdes, au moyen de l'acide sulfurique et d'un alcali, qu'on y mélange intimement en battant la masse liquide pendant une heure ou deux avec un agitateur à palettes.

Les produits marchands sont :

De l'huile légère, dont la densité varie de 0,810 à 0,820, se rapprochant en général de ce dernier nombre ;

De l'huile lourde d'éclairage, à la densité de 0,860 à 0,870, qu'on brûle dans des lampes dont le réservoir est au niveau de la mèche et qui sont sous ce rapport analogues aux anciens quinquets, qu'on mélange aussi aux huiles de colza ;

De l'huile à graisser ou huile blonde, à la densité de 0,880 à 0,890 ;

Des goudrons noirs, à la densité de 0,970 à 0,980, qui s'emploient dans la fabrication des mastics d'asphalte.

La première distillation de l'huile brute donne, avec l'huile dite dégoudronnée, dont la densité est le plus or-

dinairement ramené à 0,840, de l'huile verte pesant de 0,900 à 0,925, qu'on peut transformer en huiles lourde et blonde, en obtenant en outre une très-faible quantité d'huile légère et des résidus goudronneux. Mais généralement cette matière n'est pas traitée dans les usines d'épuration et se vend directement aux fabricants de graisses.

Souvent elle contient une assez forte proportion de paraffine. La paraffine se sépare à l'état solide par le refroidissement, lorsque la température se maintient pendant plusieurs jours à quelques degrés au-dessous de zéro. Pour en faciliter la coagulation, on met durant l'hiver l'huile verte dans des caisses peu profondes sous un hangar ouvert aux courants d'air.

Il reste comme résidus des traitements par l'acide et l'alcali des goudrons acides et basiques, qui jusqu'ici étaient restés sans emploi.

Les tableaux synoptiques suivants donnent des exemples de la série des opérations, qui varie notablement d'une usine à l'autre, selon la nature des matières premières et aussi selon la pratique des épurateurs, et permettent d'apprécier les résultats pécuniaires de la fabrication. J'y prends toujours pour point de départ l'hectolitre d'huile brute.

LALLY.

100 *litres d'huile brute, à la densité de* 0,900.

PREMIÈRE DISTILLATION OU DÉGOUDRONNAGE.

Huile dégoudronnée : densité, 0,847 65,09	Huile verte : densité, 0,910 16,36 Voir à la suite l'épuration de l'huile verte.	Goudron : densité, 0,980 15,64 (γ)

Traitement par l'acide et la soude de 65lit.,09 d'huile dégoudronnée.

Huile à distiller : 55,80	Goudron acide : 9,29

DEUXIÈME DISTILLATION.

Huile légère : densité, 0,802 32,83 (α')	Huile lourde à retraiter : 17,23	Résidu à retraiter : 4,21

Huile lourde à retraiter — Traitement par l'acide et la soude :

résidu à redistiller : 16,38 (ζ) en y ajoutant 0,35 provenant des opérations subséquentes, 16,73 (ζ)	goudron acide : 0,85

Résidu à retraiter — Traitement par l'acide et la soude :

résidu à distiller : 3,68 (λ)	goudron acide : 0,53

TROISIÈME DISTILLATION.

Huile légère : densité, 0,850 10,31 (α''), mêlée à l'huile (α')	Huile blonde : 4,49 (β)	Résidu à distiller. . . . 1,42 (λ)

total du résidu 3,68
(λ) à distiller. 5,10

Le mélange donne :

Huile légère : densité, 0,814
43,14

Traitement à la soude pour fixer :

huile légère fixée, 42,40 (α)	goudron basique, 0,74

Distillation du résidu (λ) :

huile à mêler à l'huile (ζ) pour redistillation : 0,35	huile blonde 3,64 (β) 4,49 total de l'huile blonde. . 8,13	goudron : 0,95 (γ)

Dernier traitement par l'acide et la soude :

huile blonde : 7,33	goudron acide 0,40

Épuration de l'huile verte, 16$^{\text{lit.}}$,36.

DEUXIÈME DISTILLATION.

Huile verte à traiter : 14,02	Goudron : 2,34 (γ)

Traitement par l'acide et la soude :

huile à redistiller. . 10,02	goudron acide : 4

TROISIÈME DISTILLATION.

Huile mêlée à l'huile (ζ) 0,83	huile blonde : 7,51	goudron : 1,50 (γ)

Cette huile (voir les opérations indiquées ci-dessus) donne :

huile légère clarifiée : densité : 0,850 0,50 (α) à joindre à celle déjà obtenue.	huile blonde clarifiée : 0,27 (β).	goudron : 0,01 (γ)

Huile blonde 7,51 — clarifiée :

huile blonde : 7,14 (β)	goudron acide 0,37

En faisant les sommes on obtient :

	francs.
42^lit,90 huile légère, à 0f,33, valant.	14,16
15^lit,14 huile blonde, à 0f,27.	4,09
20^lit,44 goudron, à 0f,088.	1,80
16^lit,18 goudron acide, sans valeur.	
Valeur totale des produits.	20,05
La dépense de houille se peut évaluer à. . . .	0,66
Celle d'acide sulfurique et de soude à.	2,40
La main-d'œuvre à.	0,62
Enfin, comptons pour l'amortissement et l'intérêt du capital, pour escomptes et frais de vente.	2,00
Total des dépenses.	5,68

Si l'huile verte est directement vendue au prix de 10 francs l'hectolitre, le compte pourra s'établir ainsi :

42^lit,40 huile légère, à 0f,33.	13,99
7^lit,73 huile blonde, à 0f,27.	2,09
16^lit,36 huile verte, à 0f,10.	1,64
16^lit,59 goudron, à 0f,088.	1,46
11^lit,81 goudron acide, sans valeur.	
Valeur totale.	19,18

Les frais de traitement seront d'autre part un peu réduits, puisqu'une certaine quantité du produit n'a pas subi les opérations qui suivent le dégoudronnage. Je compterai :

	francs.
Combustible.	0,58
Acide et soude.	1,80
Main-d'œuvre.	0,50
Amortissement, intérêts, escompte, frais de vente.	2,00
Total.	4,88

Dans l'un et dans l'autre cas il reste environ 14f,30 net lorsqu'on déduit les frais d'épuration.

La méthode adoptée à Lally se distingue de celles qu'on

suit dans les autres usines en ce qu'on ne cherche pas à obtenir immédiatement, dans la deuxième distillation, de l'huile légère à la densité voulue, mais qu'après avoir séparé le liquide le plus volatil on regarde comme lourdes les huiles qui viennent ensuite, pour les soumettre à un second traitement par l'acide et la soude et à une troisième distillation. Par là on augmente un peu la manutention; mais les produits sont rendus plus incolores et d'un débouché plus facile.

LA VARENNE.

100 *litres d'huile brute, à la densité de* 0,846.

PREMIÈRE DISTILLATION OU DÉGOUDRONNAGE.

Huile à traiter : densité, 0,826	Huile à paraffine : densité, 0,890	Goudron :
78,13	3,13 (α)	15,62
Traitement par l'acide et la soude :	Plus quantité provenant de la série ci-contre. 3,00	
	6,13 (α)	

Traitement par l'acide et la soude :

huile à redistiller :	goudron acide :
69,90	8,28

DEUXIÈME DISTILLATION.

Huile légère : densité, 0,808	Huile à paraffine : densité, 0,890	Goudron :
57,92	3 (α)	7,49

Traitement par la soude pour fixer :

huile légère fixée :	goudron basique :
56,93	0,99

Traitée pour paraffine :

paraffine :	huile verte :
0,61	5,52

En résumé on obtient :

	francs.
56^{lit},93 huile légère, à 0^{f},34.	19.36
5^{lit},52 huile verte, à 0^{f},10.	0,55
0^{lit},61 paraffine, à 0^{f}.85.	0,52
23^{lit},11 goudron, à 0^{f},088.	2,03
9^{lit},22 goudron acide, sans valeur.	
Valeur totale.	22,46

En estimant la dépense comme précédemment à 4f,88, amortissement et intérêts compris, il reste 17f,58 de net.

La supériorité des résultats obtenus à la Varenne tient à la qualité des huiles brutes, qui sont beaucoup plus légères et moins foncées que celles de Lally.

LE RUET.

100 litres d'huile brute, à la densité de 0,860.

PREMIÈRE DISTILLATION OU DÉGOUDRONNAGE.

Huile à traiter : densité, 0,835 — 83
Goudron : 15

Traitement par l'acide et la soude :

Huile à redistiller : 74,7
Goudron acide : 8,3

DEUXIÈME DISTILLATION.

Huile légère : densité, 0,818 — 53,42
Huile grasse : 9,75
Résidu : 9,75

Traitement par l'acide et la soude :

Huile à redistiller : 8,67
Goudron acide : 1,08

TROISIÈME DISTILLATION.

Huile légère : 1,50
Huile lourde : 3
Résidu : 4

Quantité totale d'huile légère. 54,92

Somme et valeur des produits :

		francs.
54lit,92	huile légère, à 0f,30	16,48
3lit,00	huile lourde, à 0f,28	0,84
28lit,75	goudron et résidu, à 0f,088	2,53
9lit,38	goudron acide, sans valeur.	
	Valeur totale	19,85
	Déduisant comme ci-dessus	4,88
	Reste net	14,97

Ces derniers nombres, en ce qui concerne la quantité des

produits (la plupart des fabricants accusaient un prix de vente plus élevé pour leurs huiles légères), peuvent être regardés comme se rapportant à peu près aux résultats moyens obtenus dans le bassin d'Autun.

Le nouveau procédé de distillation du schiste en cornue verticale, dont j'ai rendu précédemment compte et qu'on commence à appliquer à Lally, ne procurant pas seulement l'économie de toute dépense de houille dans l'opération première, mais laissant disponible le gaz engendré, on trouvera dans ce gaz un combustible suffisant pour faire marcher toutes les chaudières d'épuration.

L'utilisation des goudrons acides et basiques, qui constituent un déchet d'environ 10 p. 100 sur la quantité d'huile brute et dans lesquels passent les réactifs dont l'achat fait la plus grosse part des frais spéciaux de la troisième opération, est une question d'une grande importance, que les fabricants ont trop longtemps négligée. Ce problème vient d'être en partie résolu par le directeur de Lally, qui maintenant régénère la soude des goudrons basiques.

La soude, dont l'action sur l'huile à traiter a succédé à celle de l'acide sulfurique, se trouve presque entièrement à l'état de sulfate. On évapore et l'on brûle les résidus qui la contiennent; puis on brasse les cendres avec de la chaux éteinte et l'on étend d'eau. Il se forme du sulfate de chaux qui reste indissous. La soude, enlevée par l'eau, est en totalité ou en partie à l'état de carbonate. On concentre la liqueur avec addition de chaux éteinte et l'on retire une dissolution concentrée de soude caustique, tandis que du carbonate de chaux reste au fond de la chaudière. Depuis six mois M. Aymard n'emploie pas d'autre réactif alcalin.

Par cette double économie de la houille et de l'alcali le prix de revient de l'épuration devra être diminué d'au moins 1 franc ou 1f,50 par hectolitre d'huile brute, dont la valeur dans le bassin d'Autun pourra alors être estimée 16

ou 17 francs, même lorsque les huiles légères se vendront dans les bas cours.

Dans la belle usine de Millery, dont les ateliers d'épuration, parfaitement disposés et bien outillés, pourraient traiter toute l'huile brute de l'Autunois, mais qui malheureusement est à peu près inactive, la distillation des huiles se fait avec l'aide de la vapeur surchauffée. Un tube horizontal en communication avec un générateur et un surchauffeur règne au fond de chaque chaudière : il est percé d'une série de très-petits trous, par lesquels la vapeur s'échappe à travers les liquides huileux, facilitant le départ des substances les plus volatiles. Le surchauffeur consiste en un bloc de fonte de forme à peu près cylindrique, placé au-dessus d'un foyer, et présentant deux séries de canaux, les uns pour le passage de la flamme, les autres plus étroits pour le passage de la vapeur. Ce procédé augmente un peu la dépense de combustible; mais on s'accorde à reconnaître qu'il rend les huiles plus incolores et moins odorantes. Les huiles de Millery, ainsi préparées, paraissent obtenir des prix de vente supérieurs à ceux des autres usines.

Les opérations par lesquelles l'huile doit passer avant d'être épurée exigent, non pas une habilité très-grande, mais de l'observation et des soins minutieux, pour bien doser les proportions de soude et d'acide et pour conduire le feu sous les chaudières avec les ménagements convenables.

A Millery les agitateurs des bacs où se font les traitements des huiles par l'acide sulfurique et par la soude sont mus mécaniquement : cela vaut mieux que le travail à bras employé partout ailleurs, qui est moins régulier et n'est pas toujours consciencieusement exécuté. Ce qui vaudrait mieux encore serait le succès des essais tentés à Lally pour opérer presque instantanément la décoloration, en opérant sur les vapeurs qui arrivent aux serpentins.

En ce qui concerne la conduite des chaudières, les ouvriers n'ont d'autre régulateur que l'écoulement plus ou

moins rapide de l'huile au bout des serpentins et sa densité prise à l'aréomètre. Les indications qu'on en déduit ont le défaut de ne paraître que lorsque la cause qu'il faut corriger, laquelle est un excès ou un défaut de température de la masse liquide, a agi un certain temps. La marche de la distillation serait rendue plus sûre et la surveillance plus facile par l'emploi d'un appareil thermométrique. Les températures à mesurer peuvent aller jusqu'à plus de 300 degrés; mais on sait construire aujourd'hui des appareils aptes à marquer des degrés de chaleur élevés (*).

Depuis l'exposition universelle de 1867, on a préconisé les distillations sous pression. Ce procédé, inventé et appliqué par M. James Yung, est employé en Écosse pour l'épuration des huiles de boghead : il donne, dit-on, une plus grande quantité d'huile légère, et il serait opportun de l'employer dans l'Autunois. Il n'aurait toutefois chance de prévaloir que si ses avantages, sous le rapport du rendement et de la qualité des produits, étaient considérables; car il augmenterait dans une très-forte proportion les dangers d'incendie et d'explosion et nécessiterait des chaudières de construction beaucoup plus soignée et plus dispendieuse, la moindre fuite pouvant devenir une cause de désastre.

BOGHEAD ET SCHISTE DE L'ORME.

Les calculs précédents ne peuvent s'appliquer aux minerais extraits à l'Orme, dans la concession de Surmoulin, qui diffèrent essentiellement des autres schistes de l'Autunois et dont une partie sert aujourd'hui à la fabrication du gaz d'éclairage.

(*) On a utilisé pour cet objet les découvertes de M. Henri Deville sur les lois qui président aux tensions de dissociation des substances composées.

La couche de l'Orme, avons-nous vu, composée d'un mince lit de boghead et pour le reste d'un schiste gris à élément calcaire, n'a qu'une médiocre épaisseur. La quantité d'eau affluente est assez considérable. La nature de la roche, non pas dure mais tenace, oblige à percer de très-nombreux trous de mine, travail que l'emploi des perforateurs a beaucoup facilité. Les dépenses d'exploitation sont donc bien plus fortes qu'ailleurs, et le mètre cube extrait et cassé revient environ à 10 francs; ce qui, si l'on estime le schiste gris à 4f,50, met à 26f,50 le prix du boghead.

En revanche ce boghead, comparé aux autres minerais, est d'une teneur extraordinaire en hydrocarbures. On peut se reporter au tableau des expériences de laboratoire. Lorsqu'on le distillait dans l'usine de l'Orme, il donnait moyennement 280 litres d'huile brute par mètre cube du poids de 750 kilogrammes. Cette huile, il est vrai, était difficile à épurer et exigeait des traitements multiples. Néanmoins l'avantage d'une matière première aussi riche était évident.

Depuis deux ans les exploitants en ont trouvé un bien meilleur débouché en le livrant aux usines à gaz, et comme ils obtiennent le prix de 55 francs par tonne, le bénéfice est relativement très-considérable. Leur entreprise serait donc des plus prospères si la production pouvait être grande, ce que le gîte peu abondant ne comporte malheureusement pas.

Le schiste gris dans les cornues verticales de Surmoulin ne rendait guère que 50 litres d'huile brute par mètre cube, mais paraît rendre 75 litres dans les nouvelles cornues tournantes de l'Orme, et par conséquent, malgré la difficulté particulière d'épuration, constitue un bon minerai. Ce schiste, qui, au laboratoire, m'a donné plus de 20 p. 100 de son poids d'hydrocarbures, serait aussi susceptible d'être employé à la fabrication du gaz et transporté aux usines vaudrait probablement pour cet usage de 10 à 15 francs

la tonne. A ce compte, on l'expédierait avec profit à une distance assez grande. Même de bon schiste d'espèce ordinaire, capable de donner 12 p. 100 d'hydrocarbures, pourrait, je crois, trouver semblable emploi dans les localités tout à fait voisines, là par exemple où il ne reviendrait pas à plus de 5 francs la tonne ou 6 francs le mètre cube.

Utilité d'une réforme commerciale. — Ce n'était pas seulement la partie technique de l'industrie qui avait besoin de réformes. La très-mauvaise tenue du commerce n'a pas peu contribué à aggraver la détresse générale. Quand est venue la concurrence du pétrole et avec elle la grande baisse des prix, très-peu d'exploitants se trouvaient pourvus de capitaux; car les bénéfices antérieurs avaient presque tous passé en constructions et en agrandissements d'ateliers. Beaucoup d'usines ont travaillé à perte, sans que leurs propriétaires, qui ont longtemps espéré un retour de la hausse, se résignassent au chômage. En ces conditions, la réalisation immédiate des produits a été pour plusieurs une nécessité impérieuse. On a vendu à tout prix, et qui pis est, non pas toujours aux acheteurs définitifs et sérieux, mais souvent à des intermédiaires ou courtiers, qui, par leurs offres inconsidérées, précipitaient la baisse, ou en livrant des marchandises inférieures, déscréditaient les huiles de schiste.

Cette anarchie commerciale semble cependant avoir diminué. L'épuration ne se fait plus qu'en cinq ou six usines, dont les propriétaires ont leur clientèle et leurs relations directes. Les exploitants de La Comaille, de Poisot, des Abots, de Dracy-Saint-Loup, de Saint-Léger-du-Bois, leur vendent les huiles brutes ou dégoudronnées.

Une plus grande concentration de l'industrie et des usines en des mains fortes et habiles, pourvu qu'elle ne tournât pas à un accaparement complet, serait même, à mes yeux, une circonstance heureuse et permettrait probablement de relever les prix dans une certaine mesure, de réduire les

frais de fabrication au minimum, en n'employant que des appareils perfectionnés qui seraient maintenus à peu près constamment actifs, et par suite de soutenir la lutte avec plus de succès. En fait d'ateliers d'épuration, il n'y aurait pas énormément à créer; car l'usine de Millery (*) a été installée avec beaucoup d'ampleur et de soins.

Taxes nouvellement établies sur l'importation du pétrole. — La nouvelle loi douanière va avoir incontestablement pour effet d'améliorer la situation des fabricants de l'Autunois. S'ils tiennent à assurer la prospérité de leurs eutreprises, ils ne verront pas seulement dans les taxes plus élevées dont est grevé le pétrole (**) un moyen d'obtenir, sans plus d'efforts, les bénéfices qui leur ont longtemps manqué; mais, instruits par le passé, ils profiteront de ces bénéfices pour transformer et améliorer le matériel de leurs usines, pour y introduire tous les perfectionnemeuts reconnus pratiques et abaisser le prix de revient. Ils devront se rappeler qu'il n'est d'industrie robuste et définitivement créée que celle qui est en état de vivre par elle-même et indépendamment des circonstances factices résultant du jeu différentiel des impôts, que les taxes de douane récemment accrues dans le but de fournir des ressources au trésor seront essentiellement sujettes à varier et qu'en particulier l'expérience ferait probablement bientôt réduire celles dont l'exagération empêcherait le revenu fiscal de grossir au niveau des prévisions budgétaires.

(*) La construction de cette usine, qui, dit-on, a coûté plus de 1.500.000 francs, a été une folie, puisqu'elle ne reposait ni sur la possession d'un gisement dont la richesse eût été bien constatée, ni sur des marchés de minerai ou d'huile brute. Aussi jusqu'à présent a-t-elle toujours été en chômage ou en activité très-faible. Elle n'en existe pas moins et serait très-susceptible d'être utilisée comme atelier d'épuration générale.

(**) Le pétrole brut paye à l'importation 10 centimes le kilogramme, le pétrole épuré 32 centimes; l'huile de schiste brute, fabriquée en France, paye 5 centimes, cette huile épurée 8 centimes.

Eu égard aux charges extraordinaires que les désastres de la guerre ont imposées au pays, le principe d'une compensation modérée établie par les douanes entre les produits nationaux et les produits concurrents de l'étranger se présente d'ailleurs comme une règle d'équité, et à ce point de vue l'industrie de l'huile minérale indigène, qui subvient pour sa part à l'un des besoins de nécessité première, qui est susceptible de grandir si elle est rémunératrice, et qui occupe déjà un assez grand nombre de bras, méritait d'être aidée par un dégrèvement relatif.

Octobre 1871.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR M. CHOULETTE, INGÉNIEUR DES MINES.

Par M. F. CLÉRAULT, ingénieur des mines

Choulette (Jules-Émile), né à Strasbourg le 13 février 1844, a passé une partie de sa jeunesse en Algérie et terminé son éducation à Paris par de brillantes études.

En 1863, après une seule année de mathématiques spéciales, Choulette se présente à l'École polytechnique ; il est classé le premier sur la liste d'entrée. Ses deux années d'études développent en lui le goût des sciences physiques, et ses examens de sortie sont autant de succès ; il arrive le second au classement définitif de 1865 et choisit la carrière des mines.

Les cours de l'École des mines trouvent en Choulette un disciple fidèle, car son esprit d'une aptitude générale s'applique à tout, mais son goût le porte plus spécialement à l'étude de la chimie ; le laboratoire est sa retraite favorite et il entreprend ses analyses avec une passion qui n'a d'égale que sa patience.

Ses deux premiers voyages, dans le midi de la France en 1866, en Bohême et dans la haute Silésie en 1867, sont des voyages d'instruction, et déjà cependant il en rapporte d'intéressantes relations dont l'exactitude et la netteté sont les qualités dominantes.

Dans un voyage fait en 1868, avec son collègue M. Michel Lévy, Choulette se consacre à l'étude approfondie des champs de filons de Przibram et de Mies, et, à la suite de leurs observations, les deux voyageurs publient dans les *Annales des mines* un long mémoire ; dans ce travail, ils indiquent

la constitution géologique de la région, puis étudient les champs de cassures au point de vue de la direction des filons et de leur âge relatif, du remplissage de ces filons et des rejets stériles; ils concluent par la comparaison des faits observés avec la théorie des systèmes de montagnes.

Le 6 janvier 1869, Choulette est nommé ingénieur ordinaire de 3e classe et, bientôt après, chargé du service du sous-arrondissement minéralogique de Vesoul; à peine arrivé à son poste, il recherche les causes d'un récent accident de grisou, et présente, à ce propos, un rapport très-complet sur la ventilation des chantiers de cette grande exploitation; c'est là aussi qu'avec M. Mathé, ingénieur de la houillère, Choulette étudie les effets de la dynamite.

Cependant il entreprend un nouveau voyage avec M. Michel Lévy et parcourt la Saxe et la Bohême septentrionale; ses études portent sur les champs de fractures de Freiberg, Marienberg, Schneeberg, Annaberg, Ehrenfriedersdorf, Altenberg, Zinnwald et Joachimsthal; les résultats de ces explorations sont consignés dans un mémoire étendu publié dans les *Annales des mines*.

Tel était l'emploi que Choulette faisait du temps de liberté que lui laissait le service ordinaire; puis il retournait à Vesoul, y retrouvait son cher laboratoire et s'adonnait aux analyses des roches et des minéraux rapportés de ses voyages.

Mais l'heure de nos revers a sonné; l'ingénieur s'est fait soldat!

Choulette rêve d'abord la formation d'un corps de francs tireurs destiné à défendre les passages des Vosges; dans ce corps, dont il sera l'âme, il se réserve un rôle modeste. Bientôt Belfort est menacé, Choulette abandonne tout et vient s'y enfermer; il est nommé capitaine du génie auxiliaire; là commence la dernière phase d'une vie d'intelligence, de travail et de dévouement.

Choulette est d'abord chargé de la conduite des travaux

de défense dans le faubourg du Fourneau ; il construit au sud un retranchement et à l'ouest de petites embuscades en terre le long de la Savoureuse. — Le mois de novembre arrive, les projectiles vont manquer, on construit une fonderie, mais avant tout il faut produire du coke : Choulette est chargé de cette tâche difficile, et l'on peut considérer la création de ces fours à coke dans des conditions exceptionnelles, et sous le feu qui accablait la ville, comme son œuvre capitale.

D'autres soins réclament encore son concours actif ; c'est lui qui installe au château un appareil d'éclairage électrique, qui étudie l'emploi d'une locomotive destinée à transporter une pièce de canon le long de la voie ferrée, qui construit des aérostats et parvient, après mille déceptions, à en diriger un vers la Suisse.

Cependant il prend part aux travaux de tranchée que la garnison exécute sur les abords des Perches, et c'est lui aussi qui lève sur le plan directeur la position des batteries ennemies ; son sang-froid, son courage calme et persévérant, lui permettent d'accomplir avec précision cette tâche dangereuse ; un jour, notamment, sa planchette installée aux Perches est visible tout entière ; l'artillerie ennemie dirige son feu sur ce point de mire. Choulette, complétement à découvert, continue tranquillement son travail jusqu'au bout.

Le 28 janvier, un armistice mettait fin aux hostilités dans toute la France et Belfort était seul excepté. Choulette continuait ses travaux et employait ses instants de loisirs à visiter ceux de ses camarades que le feu avait atteints. Le 9 février il se rend au château pour voir un de ses amis blessé quelques jours auparavant, y déjeune, puis retourne à ses travaux ; c'est alors que, dans la rue, devant sa porte, Choulette tombe, atteint par les éclats d'un obus de 78 kilogrammes ; il est relevé par le commandant Chaplain. Le médecin constate que l'articulation est complétement

broyée et que l'amputation est indispensable. L'opération est faite dans l'hôpital blindé, sans lumière, sans air, dans une atmosphère horriblement viciée. On avait donné à notre malheureux blessé une des meilleures places près de la fenêtre, et la journée se passa bien; Choulette avait sa parfaite connaissance, il était calme et exprimait le désir de vivre pour sa famille et la poursuite de ses travaux. Ce qu'il regrettait par-dessus tout, c'était d'avoir été frappé si près de la fin des hostilités, dans la rue et non pas à son poste de combat. Telles étaient les idées qu'il exprimait dans un entretien avec le capitaine Thiers, où il considérait sans crainte la possibilité d'une mort prochaine.

Le 10 février Choulette avait succombé.

Nature aimante et modeste, intelligence vive et solide, âme courageuse et honnête, Choulette est pleuré par tous ceux qui l'ont connu. Propre à tout, dans sa courte carrière, il a mis la main à tout, partout estimé et partout aimé.

La mémoire de Choulette doit être conservée dans nos annales avec ce double caractère de l'ingénieur distingué et du soldat mort pour la patrie.

EXTRAITS DE GÉOLOGIE.

Par MM. DELESSE et DE LAPPARENT.

Nous nous proposons de résumer sommairement les principaux travaux de géologie qui ont été publiés en 1869 et 1870. Cette année, notre revue se composera de trois parties : 1° les *roches*, 2° les *terrains*, 3° la *géologie dynamique*.

M. Delesse a traité la première partie comprenant les roches; il s'est également occupé des phénomènes actuels et du métamorphisme.

M. de Lapparent s'est chargé de la deuxième partie comprenant les terrains; il s'est chargé en outre des systèmes de montagnes.

Quant au reste, nous l'avons fait en commun.

PREMIÈRE PARTIE.

LITHOLOGIE.

La lithologie ou l'étude des roches est l'objet d'un assez grand nombre de travaux, qui offrent de l'intérêt à toutes les personnes s'occupant de géologie.

Nous allons donner d'abord un résumé sommaire de ces travaux, nous attachant surtout à faire connaître la composition minéralogique et chimique des roches.

Pour comparer les analyses nouvelles avec celles qui ont paru précédemment, il conviendra d'ailleurs de consulter les ouvrages spéciaux de MM. Justus Roth, Kenngott, Gustave Bischof et Rammelsberg, le *Neues Jahrbuch* de G. Leonhard et B. Geinitz, le *Jahresbericht* de Liebig, H. Kopp et H. Will, ainsi que les huit volumes déjà publiés de la *Revue de géologie*.

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES ROCHES.

Êtres microscopiques dans les roches.

Des êtres microscopiques ayant été signalés jusque dans les roches éruptives par MM. Ehrenberg, Jenzsch et par divers observateurs, l'on pouvait s'attendre à en trouver aussi dans les roches sédimentaires : en effet, M. Béchamp (1) en indique à l'état fossile dans l'oolite jurassique et il les désigne sous le nom de microzymas; il croit même qu'ils peuvent encore développer actuellement des fermentations !

Évaporation de l'eau en présence de roches argileuses.

Quelques expériences ont été faites par M. Duponchel (2), dans le but de montrer combien varient les quantités d'eau évaporées sur des surfaces égales, lorsqu'on opère sur de l'eau pure, sur de l'eau salée ou bien sur des roches argileuses préalablement saturées d'eau. Ces expériences ont duré vingt semaines; elles avaient lieu dans des vases cylindriques en fer-blanc qui étaient de mêmes dimensions, et placés dans les mêmes conditions atmosphériques.

	Poids de l'eau évaporée.
Eau pure.	965 grammes.
Eau contenant 5 p. 100 de sel.	874 —
Marne calcaire absorbant 37 p. 100 d'eau et pesant sèche 1.330 grammes.	490 —
Argile ocreuse, très-spongieuse, absorbant 34 p. 100 d'eau et pesant sèche 1.422 grammes.	482 —

Il est manifeste que la présence du sel marin, et surtout la présence de la marne ou de l'argile, ralentit beaucoup l'évaporation de l'eau.

Acide phosphorique dans les roches.

On sait que l'acide phosphorique est très-répandu dans la nature, et qu'il se retrouve dans un grand nombre de roches stratifiées ou éruptives. Quelques analyses de M. Petersen (3) montrent qu'il est fréquent, et même en proportion très-notable dans les roches volcaniques. En effet, le basalte de Rossdorf en contient 1,32 p. 100; la dolérite classique du Meissner 1,21 ; l'anamésite de Steinheim 0,44 (4). Cet acide phosphorique est à l'état d'apatite

(1) Académie des sciences, 25 avril 1870.
(2) *Traité d'hydraulique et de géologie agricole.*
(3) *Neues Jahrbuch*, 1869, 38.
(4) *Revue de géologie*, VIII, 12 et 71.

dont les cristaux se reconnaissent très-bien, particulièrement lorsque les échantillons sont polis. L'existence de l'apatite est d'ailleurs révélée par celle du chlore et du fluor dont on constate la présence dans ces mêmes roches.

Dans le basalte de Ballarat (Victoria) M. Ulrich (1) signale en outre de l'acide phosphorique à l'état de Vivianite.

CLASSIFICATION DES ROCHES.

Lorsqu'on considère seulement les roches les plus importantes, l'on peut, avec M. A. Pomel (2), les réduire au tableau suivant dans lequel elles sont classées d'après leur composition chimique et minéralogique :

- 1° *Roches métalliques.*
  - cuivreuses.
  - plombiques.
  - zinciques.
  - manganiques.
  - ferrugineuses.
- 2° *Roches pierreuses.*
  - quartzeuses.
  - silicatées. . . . . .
    - schisteuses.
    - argileuses.
    - feldspathiques. . .
      - orthosiques.
      - albitiques.
      - labradoriques.
    - pyroxéniques.
    - amphiboliques.
    - amphigéniques.
    - micaciques.
    - talciques.
  - fluorurées.
  - chlorurées.
  - sulfatées. . . . . .
    - aluniques.
    - barytiques.
    - gypseuses.
  - carbonatées.
- 3° *Roches combustibles.*
  - houille, lignite.

M. Pomel observe d'un autre côté que, si l'on a spécialement égard aux caractères géologiques des roches et aux circonstances dans lesquelles elles se sont formées, il convient alors de les classer de la manière suivante :

- 1°
  - *Roches éruptives ou plutoniennes*. . . .
    - granitiques.
    - porphyriques.
    - trachytiques.
    - basaltiques.
    - amphiboliques.
  - *Roches des filons*. . . . .
    - minerais divers.
    - quartz.
    - barytine.
    - fluorine.
    - etc.

---

(1) *Contributions to the Mineralogy of Victoria*, 1870.
(2) *Nouveau guide de géologie, de minéralogie et paléontologie*, Paris, 1869.

2° *Roches métamorphiques*	gneiss. micaschiste. talcschiste. quartzite. etc.
3° *Roches stratifiées ou sédimentaires.* ..	argileuses. calcaires. arénacées. conglomérées. gypseuses et salées. ferrugineuses. combustibles.

Classification des roches volcaniques.

M. Justus Roth (1), mettant à profit les résultats obtenus dans ces dernières années par l'analyse chimique, et de plus par l'examen microscopique des roches volcaniques, a proposé de les grouper ainsi :

MINÉRAL CARACTÉRISTIQUE.	
A. Orthose (sanidine).....	1. Liparite. 2. Trachyte. 3. Phonolithe.
B. Anorthose..........	1. Dacite. 2. Andésite amphibolique. 3. Andésite pyroxénique avec excès de silice. 4. Andésite pyroxénique. 5. Dolérite et basalte (en partie). 6. Roches à base d'anorthite.
C. Amphigène.........	Amphigénite.
D. Néphéline.........	Néphélinite et basalte (en partie).

En tenant compte seulement des principaux minéraux, et en laissant de côté ceux qu'il regarde comme de moindre importance tels que l'amphibole, le mica, le grenat, le sphène, l'apatite, le fer oxydulé, le fer titané, la picotite, la bronzite, le zircon, les carbonates, les zéolithes, M. J. Roth cherche à résumer la constitution des roches volcaniques.

Nous avons dressé, d'après ses indications, le tableau qui suit, dans lequel le signe + indique que le minéral est essentiel ou relativement abondant, le signe — qu'il est au contraire accidentel ou peu abondant, et le signe ? que son existence est incertaine dans la roche bien caractérisée :

(1) *Beiträge zur Petrographie der plutonischen Gesteine*; Berlin, 1869, 162.

ROCHES volcaniques.	Quartz.	Sanidine.	Anorthose.	Amphigène.	Néphéline.	Augite.	Péridot.	Eau.	Minéraux divers.
Liparite	+	+	—		—	—		—	
Trachyte à base de sanidine		+	—	—	—	—	—	—	Nosean, Haüyne, Sodalite.
Trachyte avec sanidine et oligoclase	—	+	+		—	—	—	—	
Phonolithe		+	—	—	+	—	—	+	Nosean, Mellilithe ?
Amphigénite		—	—	+	—	+	—	—	Sodalite, Nosean, Haüyne, Mellilithe.
Néphélinite		—	?	—	+	+	—	?	
Basalte néphélinique		—	?	—	+	+	+	—	Mellilithe.
Dacite	+	?	+		—	—	—	+	
Andésite amphibolique		?	+		—	—	—	+	Haüyne.
Andésite pyroxénique (en partie)	?	—	+		?	+	—	—	
Andésite pyroxénique			+		?	+	—	—	Nosean ? Haüyne ?
Dolerite, basalte		—	+	—	—	+	—	—	
Rocbes à base d'anorthite		—	+			+	—	+	

Combustibles.

Tourbe.

M. Bosc (1) a publié un ouvrage dans lequel il résume les connaissances acquises sur la formation, le gisement et la composition des différentes espèces de tourbes.

Lignite.

MONDRAGON. — Dans le département de Vaucluse, à Mondragon, des couches de lignite sont intercalées dans le grès vert supérieur, entre le gault et les bancs à ostrea colomba. D'après M. l'Ingénieur Villot, elles sont au nombre de trois, et l'une d'elles qui est exploitable offre environ $1^m,4$ d'épaisseur. Elle affleure sur le flanc du côteau qui, portant le village de Mondragon, est orienté de l'O.-S.-O. à l'E.-N.-E. et elle plonge au sud. L'ensemble de ces couches présente une régularité remarquable; celles inférieures aux lignites sont du grès siliceux, tandis que dans les supérieures domine presque exclusivement l'élément calcaire.

Le lignite de la concession de Mondragon a été essayé par M. Diday :

Matières volatiles	48,2
Charbon	36,8
Cendres	15,0
	100,0

(1) Traité complet de la tourbe.

Les cendres ont une couleur gris rougeâtre et contiennent :

Sable et argile	46,0
Oxyde de fer	35 3
Carbonate de chaux	18,7
	100,0

La teneur en soufre est très grande et s'est élevée à 4 p. 100.

LA MALLE.— Il existe à La Malle (Bouches-du-Rhône) des lignites appartenant à un système différent de celui de Fuveau et même des autres systèmes de lignites connus jusqu'à présent en Provence. M. Villot, ingénieur des mines à Marseille, a fait l'essai de ces lignites de La Malle qui sont brillants, durs, à cassure conchoïde et donnent un coke pulvérulent :

CHARBON fixe.	MATIÈRES volatiles.	CENDRES	SOMME	POUVOIR calorifique.	POUVOIR calorifique des matières volatiles.	PERTE à 100°
41	54	5	100	0,547	0,137	24
39	56	5	100	0,520	0,130	22,5
36	50	14	100	0,514	0,154	18

On voit que les lignites de La Malle éprouvent, lorsqu'ils sont desséchés à 100 degrés, une perte consistant en eau et en matières gazeuses qui est très-considérable, puisqu'elle peut s'élever à 24 p. 100. Dans les mêmes conditions la perte des lignites de Fuveau est au plus de 10 p. 100, ce qui les distingue notablement des précédents.

NANS.—M. l'ingénieur Villot a encore fait l'essai d'un lignite de Nans (département du Var), qui appartient au tertiaire inférieur ou peut-être même au terrain crétacé :

CHARBON fixe	MATIÈRES volatiles.	CENDRES	SOMME	POUVOIR calorifique.	POUVOIR calorifique des matières volatiles	PERTE à 100°
44	50	6	100	0,582	0,142	15 p. 100

MISSISSIPI. —M. Eug. W. Hilgard a déterminé la composition

(1) *Report on the Geology of Missisipi*, p. 116.

des cendres fournies par les lignites tertiaires de Hughe Branch, Mississipi :

SABLE et silice.	KO	NaO	CaO	MgO	Fe^2O^3 et Al^2O^3	Cl, CO^2, SO^3 et perte.	SOMME
59,24	traces.	2,52	8,83	0,73	25,78	2,89	100,00

ILLINOIS.— Un grand nombre d'analyses des houilles de l'Illinois ont en outre été publiées par M. Blaney (1).

Terres végétales.

Lorsqu'on veut faire l'étude d'une terre végétale, il importe beaucoup moins de chercher par une analyse complète quelle est sa composition élémentaire, que de déterminer par des essais la constitution physique et les principales substances nécessaires au développement des végétaux, telles que l'acide phosphorique, la potasse, la chaux et l'azote.

Pour la Sologne qui forme une région naturelle bien caractérisée, cette étude a été faite par M. Mazure (2).

Les échantillons examinés représentent les principales espèces de terres végétales de cette région, et M. Mazure s'est occupé, non-seulement de la terre végétale (I), mais encore du sous-sol pris sur le même point à une profondeur de $0^m,50$ (II).

On sait d'ailleurs que la chaux manque entièrement dans le sol, ainsi que dans le sous-sol de la Sologne.

A. Terres argileuses proprement dites.
B. Terres argilo-sableuses.
C. Terres argilo-humifères.
D. Terres sableuses proprement dites.
E. Terres sablo-argileuses.
F. Terres sablo-humifères.

(1) *Geological Survey of Illinois*, Worthen, tome I.
(2) *Études sur les terrains agricoles de la Sologne.*

		SABLE et graviers.	AZOTE.	ACIDE phosphorique.	POTASSE et soude.
A	I.	49,0	2,1	0,67	0,58
	II.	56,0	1,5	0,50	0,90
B	I.	74,0	0,9	0,28	0,36
	II.	60,0	0,6	traces.	0,44
C	I.	50,0	5,2	0,80	1,38
	II.	57,0	0,7	0,28	1,44
D	I.	86,0	0,8	0,35	0,50
	II.	90,0	0,4	traces.	0.40
E	I.	91,0	0,8	0,18	0,48
	II.	76,0	0,3	traces faibles.	0,20
F	I.	84,0	0,4	0,44	0,55
	II.	89,0	0,6	0,02	0,20

Ces analyses montrent bien qu'en Sologne, le sol contient plus d'azote et plus d'acide phosphorique que le sous-sol. Dans les terres sableuses proprement dites et dans les terres sableuses mélangées d'argile, le sous-sol ne contient même que des traces d'acide phosphorique. C'est sans doute, avec l'absence de la chaux, l'une des causes principales de l'infertilité de la Sologne.

Les alcalis sont au contraire en proportion plus grande dans le sous-sol que dans le sol, au moins lorsque les terres sont argileuses; et il est facile de s'en rendre compte : car, ces terres argileuses ont la propriété d'emmagasiner les alcalis, et elles présentent fréquemment des paillettes de mica ainsi que des débris de feldspath provenant des roches granitiques du Plateau central aux dépens desquelles elles se sont formées.

Afin que l'analyse chimique d'une terre végétale pût éclairer entièrement sur sa valeur agricole, il serait nécessaire de bien connaître la proportion minimum de chaque élément qu'elle doit posséder pour que les plantes trouvent à s'y développer aisément.

Des recherches sur ce sujet, qui est extrêmement délicat, ont déjà été entreprises par plusieurs chimistes, notamment par MM. de Liebig et Paul de Gasparin. D'après ses études sur la Sologne, M. Mazure s'est proposé de préciser, pour les principaux éléments de la terre végétale, quelle est la limite de sa fertilité, et il indique, sous toutes réserves, les chiffres suivants: la limite inférieure de la fertilité serait à peu près de 0,001 du poids de la terre pour l'azote, de 0,0005 pour l'acide phosphorique aussi bien que pour les alcalis.

— En faisant les analyses comparatives de divers sols et sous-sols

provenant de l'État du Mississipi, M. E. W. Hilgard (1) a constaté que ces derniers contenaient généralement une proportion un peu plus grande d'oxyde de fer.

Ce résultat s'explique en observant que l'eau filtrant à travers le sol où elle rencontre des matières végétales en décomposition est susceptible de dissoudre l'oxyde de fer, qu'elle abandonne ensuite, et qu'elle tend, par cela même, à l'accumuler dans le sous-sol.

C'est, du reste, à la même cause qu'on peut attribuer la formation des grains de minerais de fer qui se montrent dans le terrain de transport des plateaux.

SEINE-ET-MARNE. — Plusieurs terres végétales du département de Seine-et-Marne ont été remises à l'École des Mines, par M. Gatelier, et analysées sous la direction de M. Moissenet. Leur composition physique a été déterminée, ainsi que leur composition chimique :

A. Terre de Lusancy, vallée de la Marne.

B. Terre de la ferme du Rouget, sur les argiles à meulières de Brie, commune de Chamigny.

C. Terre de la ferme de la Masure, sur les argiles à meulières de Brie, commune de Jouarre.

D. Terre d'alluvion du Petit-Morin, près du moulin de Condetz, commune de la Ferté-sous-Jouarre.

	CAILLOUX.	SABLE FIN.	ARGILE.	CALCAIRE.	SOMME.
A	150	668	165	17	1.000
B	10	95	887	8	1.000
C	16	108	864	12	1.000
D	144	188	612	56	1.000

	Argile et sable fin.	Fe^2O^3 Al^2O^3	MgO	CaO	KO et traces de NaO	SO^3	PO^5	Az	Matières organiques.	HO et CO^2	Somme.
A	86,70	5,22	traces	1,20	0,04	traces	traces	0,09	2,00	4,66	99,91
B	88,60	4,44	traces	0,50	0,06	traces	traces	0,14	2,14	3,86	99,74
C	87,40	4,20	traces	0,70	0,05	traces	0,05	0,14	1,68	4,65	98,87
D	77,90	7,80	traces	3,70	0,07	traces	0,09	0,16	2,66	6,00	98,58

MARNE. — Le bureau d'essai de l'École des Mines a analysé deux terres provenant d'un marais desséché de Brandovillers :

(1) *Report on the Geology and Agriculture of the State of Mississipi.*

	CaO	MgO	Fe^2O^3	Argile.	Perte au feu.	Somme.
I	16,00	0,67	6,67	50,00	26,33	99,67
II	11,00	0,67	9,67	56,00	22,00	99,34

MEURTHE. — Deux terres du département de la Meurthe remises par M. Le Vallois ont donné :

A. Terre à blé recouvrant les marnes supérieures du lias, sur le plateau, entre Thercy et Alaincourt.

B. Argile diluvienne ordinairement laissée en bois, dite *terre de bois* ou *d'herbue*, prise au-dessus des marnes irisées, à la tuilerie de Mousay.

	Argile.	CaO,CO^2	MgO,CO^2	Sulfate de chaux.	Fe^2O^3	Eau. matières organiques.	Sable fin.	Somme.
A	70,00	2,33	traces	0,33	3,67	9,33	14,00	99,66
B	68,00	1,33	traces	0,50	4,33	8,33	17,00	99,49

DOMBES. — M. Roussille (1) a donné la composition élémentaire d'une terre végétale de la Saulsaie, dans la Dombes.

SiO^2 insoluble.	SiO^2 soluble.	Al^2O^3	Fe^2O^3 insoluble.	Fe^2O^3 soluble.	CaO	MgO	KO	CO^2	SO^3	PO^5	Cl	Matière organique insoluble.	Matière organique soluble.	Somme.
88,99	0,16	5,08	2,81	0,28	0,26	0,15	0,10	0,66	0,15	0,06	tr.	2,17	1,15	100,02

Cette terre de la Dombes est très-riche en silice, et, des analyses antérieures montrent qu'il en est de même pour les terres de la Bresse et de la Hesbaye (2).

Nous observerons à ce sujet que la grande teneur en silice des limons couvrant la Dombes, la Bresse et la Hesbaye, doit vraisemblablement être attribuée à ce qu'ils résultent de la trituration de quartzites et de roches essentiellement quartzeuses, comme celles qui forment les massifs montagneux des Alpes et des Ardennes sur les flancs desquels ils se sont déposés.

(1) *Revue hebdomadaire de Chimie scientifique et industrielle* ; par Ch. Mène, 2 juin 1870.

(2) *Revue de géologie* I, 38 et III, 107.

Haute-Vienne.—A Ligoure, près du ravin de Lage, une terre végétale qui est peu fertile provient, d'après M. Le Play, de la décomposition d'un gneiss sous-jacent. Son analyse a été faite au laboratoire de l'École des mines. Traitée par l'eau, elle ne donne que des traces très-faibles de matières organiques, et lorsqu'on l'attaque par l'acide chlorhydrique étendu, l'on obtient pour sa composition :

Partie soluble dans l'acide = 8,13							Résidu.	Perte au feu.	Somme.
Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	PO^5			
3,00	3,97	0,30	0,03	0,12	0,08	0,13	87,08	4,86	99,87

Basses-Pyrénées. — Deux terres végétales de la vallée du Gave dans les Pyrénées, ont encore été examinées au bureau d'essai de l'École des Mines :

	Argile ferrugineuse mêlée d'un peu de sable.	CaO	PO^5	Matières organiques.	Eau de combinaison.	Somme.
I	88,33	traces	traces	5,66	5,34	99,33
II	90,00	traces	traces	5,55	3,70	99,25

On trouve seulement des traces de chaux dans ces terres végétales : ce résultat est d'ailleurs conforme aux observations de M. l'ingénieur des mines Genreau, qui a constaté l'absence du calcaire dans une partie de la vallée du Gave de Pau, ainsi que dans la plaine du Pont-Long, et en outre dans les terrains de transport formés aux dépens de la grande moraine de la vallée d'Argelez.

Aveyron. — M. A. Boisse (1) a déterminé la densité des terres végétales qui correspondent aux divers terrains géologiques du département de l'Aveyron.

En ordonnant ces terres végétales, par rapport à leur densité, l'on obtient le tableau suivant :

(1) *Esquisse géologique du département de l'Aveyron.*

Numéros d'ordre.	ORIGINE et mode de formation de la terre.	NATURE du sous-sol.	DENSITÉ.
1	Désagrégation du sous-sol. . .	Marnes rouges du trias.	2,792
2	Transport diluvien.	Lias calcaire.	2,[illegible]5
3	Transport alluvien.	Marnes tertiaires.	2,446
4	Transport diluvien.	Calcaire tertiaire.	2,39[illegible]
5	Désagrégation du sous-sol. . . .	Arkoses de l'infra-lias.	2,392
6	Idem.	Lias calcaire.	2,3[illegible]1
7	Détritus mêlés de diluvium. . .	Calcaire à entroques.	2,340
8	Désagrégation du sol.	Porphyres, diorites.	[illegible],335
9	Transport diluvien.	Calcaire de l'oolithe inférieure.	2,334
10	Idem.	Granite.	2,328
11	Idem.	Calcaire de l'oolithe inférieure.	2,268
12	Détritus du sous-sol.	Oolithe ferrugineuse.	2,268
13	Désagrégation du sous-sol. . . .	Calcaire de transition.	2,230
14	Transport diluvien.	Calcaire de l'oolithe inférieure.	2,194
15	Désagrégation du sous-sol. . . .	Gneiss.	2,157
16	Alluvions anciennes.	Grès rouge triasique.	2,1[illegible]8
17	Détritus du sous-sol.	Marnes supra-liasiques.	2,122
18	Idem.	Oolithe ferrugineuse.	2,09
19	Désagrégation du sous-sol. . . .	Schistes micacés.	2,08
20	Détritus du sous-sol.	Marnes supra-liasiques.	2,06
21	Désagrégation du sous-sol. . .	Schistes et grès permiens. . . .	2,064
22	Alluvions modernes.	Grès rouge triasique.	2,0[illegible]
23	Désagrégation du sol.	Basaltes.	1,[illegible]
24	Désagrégation du sous-sol. . . .	Granite.	1,98
25	Désagrégation du sol.	Basaltes.	1,864
26	Détritus basaltiques et granitiques.	Granite.	1,808
27	Limon diluvien.	Calcaire de l'oolithe inférieure.	1,786
28	Désagrégation du sol.	Schiste et grès houiller.	1,76
29	Idem.	Schiste argilo-talqueux de transition.	1.74
30	Idem.	Terrain gypseux, marnes.	1,694
31	Idem.	Schiste argilo-quartzeux.	1,585

On voit que les densités des terres végétales de l'Aveyron se trouveront comprises entre 2,8 et 1,6. Bien qu'elles varient avec les matières minérales qui les composent, elles dépendent surtout de la proportion d'humus et elles diminuent à mesure que la proportion d'humus augmente. M. Boisse donne encore pour ces mêmes terres leur ténacité, ainsi que l'eau absorbée par imbibition :

Numéros d'ordre.	TÉNACITÉ.	Numéros d'ordre.	TÉNACITÉ.	Numéros d'ordre.	EAU absorbée.	Numéros d'ordre.	EAU absorbée.
2	23,00	12	3.90	20	1,00	28	0,60
7	21,00	11	3,80	29	0.90	17	0,60
17	20,50	5	3,70	12	0,90	9	0,60
9	20,00	24	2,80	14	0,90	15	0,55
27	20,00	10	2,50	11	0,90	31	0,55
6	18,50	25	2,50	10	0,90	1	0,55
21	16 00	15	2,00	27	0,80	2	0,55
4	12,50	19	1,70	4	0,80	6	0,55
18	11,50	14	1,60	24	0,80	18	0,55
8	10,50	31	1,50	21	0,70	3	0,55
28	9,50	1	1.50	7	0,70	25	0,55
20	9,00	26	1,20	8	0,70	19	0,50
3	8,50	23	1.00	21	0,70	13	0.50
22	7,00	13	1,00	26	0,70	22	0,50
29	6,00	30	0,50	30	0,65	16	0,50
16	6,00			5	0,62		

Enfin les essais chimiques faits par M. A. Boisse, en attaquant les terres végétales par l'acide et en cherchant ensuite les alcalis, ont montré que les terres en contenant le plus sont, comme on pouvait le prévoir, celles qui proviennent de roches feldspathiques, telles que le gneiss, le granite et surtout le basalte, qui est facilement attaquable, et dans lequel leur proportion s'est même élevée jusqu'à 16 p. 100.

Dans le lias calcaire, la proportion d'alcalis atteint encore le chiffre de 6 p. 100 qui est très-grand pour une roche stratifiée et essentiellement calcaire.

Tandis qu'elle était seulement de 2 p. 100 dans un schiste micacé, elle a augmenté jusqu'à 6 p. 100 dans ce même schiste chaulé. Comme l'avaient annoncé plusieurs chimistes, il est donc bien visible que le chaulage met en liberté les alcalis contenus dans la terre végétale.

Bordelais. — Des recherches sur les terres des vignobles dans le Bordelais ont encore été faites par M. Petit Laffitte (1). On y distingue, d'après les qualités des vins qu'elles produisent, les terres A des Côtes, B des Graves, C des Palus, D des Plateaux. Leur constitution physique et chimique est en moyenne la suivante :

	Cailloux de 5 millimètres au moins.	Graviers de 3 millimètres au moins.	Sable de 1/2 millimètre au moins.	Parcelles microscopiques	Proportion d'eau absorbée par 100 de terre sèche.	Carbonate de chaux.	Silice.	Argile.
A	38	8	27	27	47	36,26	17,68	38,46
B	42	5	18	35	32	1,40	76,00	16,80
C	»	»	»	100	70	2,00	6,80	81,20
D	»	1	10	89	35	»	35,00	59,60

Comparant les vins récoltés sur ces différentes terres, M. Petit-Laffitte indique l'influence qui est exercée sur leurs qualités par la composition du sol.

1° La silice semble agir sur la légèreté et sur l'arome des vins.

2° Le carbonate de chaux paraît leur donner une plus grande richesse en alcool, par suite une plus grande durée.

3° L'argile atténue toutes leurs qualités, et produit quelquefois un goût de terroir.

4° Quant à l'humus, il semble donner de l'âpreté, tandis que le fer contribue à donner de la couleur.

(1) *La vigne dans le Bordelais*, 1868.

Observons d'ailleurs que ces résultats, admissibles pour le Bordelais, ne sauraient être étendus à d'autres régions et généralisés sans contrôle préalable.

De plus, il faut remarquer que, même dans le Bordelais, les qualités des vins ne dépendent pas moins du climat que de la composition des terres; et, par exemple, la supériorité des vins des Côtes, et des Graves tient surtout à un climat qui est plus favorable que celui des Palus et des Plateaux.

New-Jersey. — De nombreuses analyses de terres végétales provenant de l'État du New-Jersey ont été publiées par M. Georges H. Cook (1). Mentionnons particulièrement celles qui donnent, à la fois, la composition chimique du sol et du sous-sol correspondant :

A. Sol de qualité moyenne, devenant brun lorsqu'il est cultivé; de Hanover Neck, comté Morris.

B. Sol vierge fourni par une forêt défrichée, près de Shiloh, comté Cumberland.

C. Sol formant les plaines stériles à l'est et à l'ouest du New-Jersey. Sur l'échantillon analysé, il n'y avait pour toute végétation que de la mousse.

A', B', C'. Sous-sols pris au-dessous des sols précédents.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO
A	80,07	6,94	4,70	0,36	0,19
A'	78,33	8,45	6,91	0,73	0,31
B	79,14	2,94	3,60	traces	1,79
B'	82,26	5,89	5,06	traces	0,40
C	97,40	1,55	0,29	0,03	traces
C'	91,23	3,20	1,57	»	0,03

	KO	NaO	PO^5	SO^3	Cl	HO	Matières organiques.
A	0,34		0,32	0,13	»	3,42	3,22
A'	0,86		0,35	0,37	»	2,20	2,03
B	0,47		0,16	0,58	»	4,71	5,45
B'	0,44		0,44	0,31	»	1,88	2,38
C	»	0,004	»	»	traces	0,35	0,65
C'	»	0,027	0,03	»	0,02	2,65	1,01

Le sol C des plaines stériles du New-Jersey présente cette particularité que les arbres ne peuvent s'y développer; quelquefois même il n'y vient absolument rien. Ce résultat s'explique du reste d'après l'analyse; car on voit que c'est un sol privé d'acide phosphorique, de potasse, d'acide sulfurique, et qu'il contient seu-

(1) *Geology of New-Jersey*, 379, 718.

lement des traces de chlore, de magnésie et de chaux, substances qui sont toutes plus ou moins nécessaires ou favorables au développement des végétaux.

Roches diverses.

Gaz des sources de pétrole.

AMÉRIQUE DU NORD.—Dans une visite des principaux gisements de pétrole de l'Amérique du Nord, Foucou a recueilli les gaz qu'ils dégagent, et leur analyse a ensuite été faite par M. Fouqué (1).

Ces gaz sont des mélanges en proportions diverses de carbures d'hydrogène présentant la formule $C^{2n} H^{2n+2}$. Ils contiennent de l'acide carbonique, mais généralement en petite quantité. On y trouve aussi de l'azote, au plus dans la proportion de 1,55 pour 100. De l'air atmosphérique leur est également mélangé en quantité variable. D'un autre côté, ils ne renferment pas d'hydrogène libre, d'acétylène, d'oxyde de carbone, ni aucun carbure de la série du gaz oléfiant.

M. Fouqué observe, au sujet de ces analyses, que l'hydrogène correspondrait au maximum d'énergie des forces éruptives, tandis que les gaz de la série $C^{2n} H^{2n+2}$ indiqueraient au contraire l'épuisement de ces mêmes forces et que le gaz des marais caractériserait un état moyen.

Gaz des eaux thermales sulfureuses.

CAUCASE.—Les gaz se dégageant des eaux thermales sulfureuses de Michailow dans le Caucase ont été analysés par M. C. Schmidt sous la direction de M. Abich (2). Leur composition est en volumes :

H^2S	CO^2	O	C^2H^4	Az	SOMME.
0,222	13,107	0,130	46,144	40,397	100

On peut observer que ce gaz des sources de Michailow se distingue de celui qui sort de terre dans les presqu'îles de Kertsch, de Taman et d'Apscheron, en ce qu'il contient de l'hydrogène sulfuré, tandis qu'on n'y trouve ni gaz oléfiant, ni hydrogène.

(1) *Comptes rendus*, t. LXVII, p. 1041.
(2) *Bulletin de l'Académie de Saint-Pétersbourg*, XI, 397.

Eaux.

Eaux de puits.

Des expériences faites par MM. Frankland et Herbert M'Laod (1) sur les eaux des puits, ont montré qu'elles ont moins d'oxygène, lorsque les puits sont profonds et qu'elles en contiennent moins aussi que les eaux de pluie et de rivières. La proportion d'azote est au contraire toujours plus grande dans les eaux de puits, et de plus elle se trouve supérieure à celle qui peut se dissoudre à la même température dans l'eau distillée.

Eaux des mers.

Les eaux de la mer demandent à être étudiées d'une manière toute spéciale, non-seulement à cause de leur importance exceptionnelle dans l'histoire de notre globe, mais encore parce qu'elles sont peuplées par des êtres innombrables. Il est surtout intéressant de connaître les variations qu'elles offrent dans leur composition, suivant le lieu et les conditions dans lesquelles on les a puisées.

Océan Atlantique. — On peut d'abord comparer, dans une même station, des eaux prises à différentes profondeurs entre la surface et le fond. Ainsi, M. John Hunter (2) a fait, dans ce but, des séries d'analyses sur des eaux de l'Océan Atlantique provenant de deux stations distinctes :

A. Lat. 47° 39′ Long. 11° 33′ | B. Lat. 49° 12′ Long. 12° 52′

	PROFONDEUR.	SOMME des sels.	Ca	Mg	SO^3	Cl	Br
	mètres.	millièmes.					
A	1.800	36,473	0,5675	1,2275	2,8971	19,4695	0,4302
A	2.261	36,399	0,5443	1,3696	2,8220	19,3905	0,4230
A	2.710	36,462	0,5385	1,4394	2,8038	19,5659	0,3081
A	3.171	36,478	0,5337	1,3030	2,8513	19,3547	0,4192
A	3 864	36,324	0,8084	1,5925	3,1002	19,1820	0,3114
B	180	36,618	0,4116	1,2259	2,7384	19,6770	0,3749
B	271	36,701	0,4800	1.3470	2,9619	19,3844	0,4093
B	370	36,267	0,4196	1,3534	3,0100	19,1939	0,4605
B	461	36,345	0,4685	1,3218	2,94[illegible]6	19,1827	0,4218
B	550	36,395	0,4560	1,3534	3,1123	19,1927	0,4514
B	641	36,294	0,4285	1,3708	2,9307	19,2556	0,4525
B	1.574	36,438	0,4149	1,2887	3,1906	19,3350	0,4165

(1) *British Association*, 1869. 55.

(2) *Journal of the chemical Society*, 1870; 146. — *Revue de géologie*, t. VIII. *Géologie dynamique*.

On peut observer que pour la série A, l'eau prise à la plus grande profondeur contient le plus de carbonate de chaux et c'est, en même temps, celle dans laquelle il y a le plus d'acide carbonique.

Dans tous les échantillons intermédiaires, la quantité de calcium reste à peu près constante.

Le magnésium et l'acide sulfurique se trouvent un peu en excès sur le fond, tandis que le chlore augmente vers la surface.

Le brome est sensiblement le même à toute profondeur.

Pour la série B, la proportion de calcium et de magnésium reste presque constante de 180 à 1,574 mètres de profondeur ; l'acide sulfurique est légèrement en excès sur le fond et le chlore, au contraire, vers la surface.

La somme totale des sels décroît dans la série B de 1.574 à 370 mètres, et elle devient maximum vers la profondeur de 271 mètres. De même, dans la série A, elle est moindre sur le fond et à 3,864 mètres qu'à la profondeur de 1.800 mètres.

Ainsi que l'avait déjà constaté Forchammer, la somme des sels contenus dans l'eau de la mer va donc tantôt en augmentant et tantôt en diminuant avec la profondeur ; il est probable que cela doit être attribué à des courants.

Gironde, Arcachon. — Les eaux prises à haute mer vers l'embouchure de la Gironde et dans le bassin d'Arcachon ont été analysées par M. Fauré (1), qui a obtenu sur 1.000 grammes :

I. Pointe de Grave. II. Cordouan. III. Arcachon.

	$NaCl$	$MgCl$	$CaCl$	MgO,SO^3	CaO,SO^3	NaO,SO^3	CaO,CO^2 MgO,CO^2	Matière organique.	Iode et brome.	Somme.
I	26,550	2,725	0,590	3,515	0,290	0,202	0,332	0,046	»	34,250
II	27,265	2,892	0,630	4,210	0,315	0,225	0,325	0,043	»	35,905
III	27,965	3,785	0,325	5,575	0,225	0,485	0,315	0,052	»	38,727

On voit qu'à l'embouchure de la Gironde, la salure est presque la même que dans l'Océan.

Dans le bassin d'Arcachon, qui reçoit seulement des cours d'eau d'une faible importance et dans lequel l'évaporation doit être plus grande qu'à la surface de la mer, la salure devient même plus grande ; il y a particulièrement plus de sels de soude et de magnésie et un peu moins de sels de chaux.

(1) *Actes de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Bordeaux*, XVe année.

DALMATIE. — L'eau de la mer prise sur la côte de Spalato, en Dalmatie, a été analysée par M. A. Vierthaler (1). Sa densité étant 1,0265, elle contenait sur 1.000 parties :

Bromure de sodium	0,4954
Chlorure de sodium	25,5012
Chlorure de potassium	0,3780
Chlorure de magnésium	5,6176
Chlorure de calcium	3,3536
Sulfate de chaux	4,4616
Bicarbonate de chaux	0,4687
Silice	0,1101
Alumine et oxyde de fer	0,2367
Ammoniaque	0,0138
Substances organiques	0,0563
Somme	40,4038

Une série d'expériences a encore été faite par M. A. Vierthaler pour déterminer les variations de composition de l'eau de mer. Ces variations peuvent être accusées facilement, lorsqu'on se contente de déterminer sa densité ainsi que sa teneur en chlore et en acide sulfurique.

Le tableau suivant montre bien que la densité et la salure de l'eau de mer sont en relation intime avec l'état d'agitation des vagues, et par suite avec la direction des vents :

VENT dominant.	DATE de l'observation	TEMPÉRATURE		DENSITÉ de l'eau.	CHLORE	ACIDE sulfurique
		de l'air.	de l'eau.		dans 1.000 parties d'eau de mer.	
Sirocco violent	4 août.	25°	23°	1,02704	24,44	2,506
Idem	7 —	27°	22° 1/2	1,03110	24,88	2,556
Borino	12 —	29°	24°	1,02645	23,87	2,624
Maestro	16 —	28°	24°	1,02585	23,08	2,440

La salure est la plus grande par le sirocco violent qui engendre les plus hautes vagues ; elle est moyenne lorsque souffle le borino avec lequel elles sont courtes ; enfin elle devient la plus petite par le maestro avec lequel elles sont presque nulles.

Les gaz dissous dans l'eau de mer varient de même beaucoup avec son état d'agitation (2).

Eaux minérales.

PORTUGAL. — M. le docteur Lourenço (3) a publié d'après ses

(1) *Jahresbericht uber die Fortschritte der Chemie*, von Heinrich Will, Th. Engelbach, Al. Naumann, K. Zöppritz. 1867.
(2) *Revue de géologie*, t. VIII, p. 229.
(3) *Renseignements sur les eaux minérales portugaises.*

recherches et d'après celles de la commission hydrologique médicale une notice sur les eaux minérales du Portugal. Il suffira d'en donner un résumé pour les sources principales :

NOM de la source minérale.	Température.	COMPOSITION CHIMIQUE.
	degrés.	
Vizella, Mouriscos. . .	36,5	HS = 0g,0086. Résidu salin = 0g,331, formé de chlorures et silicates alcalins, avec un peu de sels calcaires et magnésiens.
Lijo, Mosqueiros. . . .	19	HS = 0g,0080, R = 0g,47 : chlorures et sulfates alcalins, carbonates de chaux et de magnésie, avec un peu d'oxyde de fer, d'alumine et de la silice.
Alcafache.	49	HS = 0g,00026, R = 0g,304 : sulfates et chlorures alcalins ; carbonates de magnésie et de chaux ; silice
Moledo, Contra-Fortes.	42	HS = 0g,0043, R = 0g,2517 : silicates et chlorures alcalins ; carbonates de chaux et de magnésie ; un peu de fer et d'alumine.
Caldos da Rainha. . . .	33	HS = 0g,0085, R = 2g,685 : chlorure de sodium ; sulfates de chaux, de magnésie, de soude, de potasse ; carbonates de chaux et de magnésie ; silice. C'est l'établissement thermal le plus important du Portugal.
Monsão, Forte.	43	R = 0g,462 : sulfates et chlorures alcalins ; carbonates de chaux et de magnésie ; silice et un peu de fer et d'alumine.
Gerez.	54 à 63	R = 0g,268 : silicates et chlorures alcalins, avec un peu de sels calcaires et magnésiens.
Felgueiras.	32 à 35	R = 0g,3447 : sulfates et chlorures alcalins ; sels calcaires et magnésiens ; silice, avec un peu de fer et d'alumine.
Chaves.	50 à 56	R = 1g,7645. Ces eaux, qui sont probablement les célèbres *Aquæ Flaviæ* des Romains, sont alcalines et donnent un dégagement abondant d'acide carbonique.
Estorii.	28	R = 3g,570 : chlorures de sodium, potassium, magnésium et calcium, ainsi que du sulfate de chaux, des carbonates de chaux et de magnésie et de la silice.
Alcacarias do Duque. .	34	Elle dégage beaucoup d'azote qui n'est pas accompagné par de l'oxygène, ni par de l'acide carbonique. R = 0g,7128 : ce résidu est essentiellement composé de chlorure de sodium.
Torres-Vedras.	21	R = 2g,442 : chlorures de sodium et magnésium ; sulfates de potasse, de chaux et de magnésie ; carbonates de chaux et de magnésie.
Monchique.	31 à 34	R = 0g,2848 : chlorures et silicates alcalins ; carbonates de chaux et de magnésie ; un peu d'alumine et de fer.
Ouguella.	»	R = 0g,7849 : chlorure de sodium ; sulfate de soude avec une quantité notable de nitrates de soude et de chaux, ainsi que des carbonates de soude et de magnésie et de la silice.
Aljustrel, Forte.	froide	R = 7g,151 : sulfates de fer, de cuivre, de chaux, de magnésie, d'alumine et de zinc ; avec chlorures alcalins, silice et 0g,00169 d'acide arsénieux. Cette eau, qui contient surtout du sulfate de fer, provient de l'oxydation d'un gîte cuprifère du voisinage. Elle est particulièrement employée pour le traitement des maladies externes des animaux.

Aix. — Les eaux minérales d'Aix en Provence sont connues depuis très-longtemps, et lorsqu'elles ne se mélangent pas avec d'autres nappes souterraines, leur température peut atteindre 35 degrés. Elles sont salines, très-peu chargées, et ont été analysées par MM. Uziglio et Dony (1). Dix litres contiennent :

	grammes.
Carbonate de chaux	1,217
Carbonate de magnésie	0,582
Chlorure de sodium	0,060
Chlorure de magnésium	0,089
Sulfate de soude	0,176
Sulfate de magnésie	0,074
Silice	0,017
Alumine et oxyde de fer	0,021
Matière organique	0,007
Somme	2,255

Ces eaux forment des dépôts qui ont été examinés par M. Diday (2), et qui renferment :

Carbonate de chaux	74,2	100
Carbonate de magnésie	8,3	
Sable	17,5	

Ainsi, les dépôts des eaux minérales d'Aix sont formés de carbonates de chaux et de magnésie. Ces deux sels se trouvent en dissolution dans les eaux d'Aix ; toutefois le carbonate de magnésie, qui est d'ailleurs plus soluble, s'est précipité en moindre proportion que le carbonate de chaux.

Dax. — Depuis un temps immémorial, on connaît à Dax, près des bords de l'Adour, des sources thermales qui sont nombreuses et extrêmement abondantes. Elles surgissent au voisinage de l'ophite, particulièrement dans la dolomie et leur niveau est peu supérieur à celui de l'Adour.

M. Hector Serres (3) a fait des analyses de ces sources, et nous allons en résumer les principaux résultats. La plus importante est la *Fontaine chaude* qui a été utilisée par les Romains et qui ne fournit pas moins de 1.800 mètres cubes par vingt-quatre heures. Celle des *Nouveaux Thermes* vient après, et M. Delmas a constaté que son débit atteint 500 mètres cubes quand le bassin est vide,

(1) *Notice sur les eaux thermales d'Aix* ; par M. Gaut et le docteur Gilbert
(2) Registre du laboratoire de l'ingénieur des mines de Marseille.
(3) Notes manuscrites communiquées à M. Delesse par M. Serres.

tandis qu'il se réduit à moitié quand il est rempli. La température est de 61°,4 pour la première et de 59°,8 pour la deuxième.

Ces sources laissent échapper des gaz qui, d'après M. H. Serres, sont presque entièrement composés d'azote. Toutefois l'analyse y découvre de 1 à 2 centièmes d'acide carbonique et même de l'oxygène en très-petite quantité. Ce dernier y ferait pourtant quelquefois défaut; car, sur quatorze analyses de ces gaz, de provenances diverses, M. Serres a constaté cinq fois son absence. Ces quatorze analyses lui ont fourni en volumes la moyenne suivante :

Az	O	CO^2	Somme.
98,03	0,35	1,62	100,00

L'eau de toutes les sources thermales de Dax est incolore, inodore, très-limpide, assez peu chargée de matières minérales pour qu'elle paraisse sans saveur; cependant elle est douce au toucher et légèrement alcaline. Un kilogramme d'eau de la Fontaine chaude a donné à M. Serres :

GAZ EN SOLUTION.				
Az 11,45	O 3,55	CO^2 4,60	Somme. 19,60	Centim. cubes.
PRINCIPES FIXES.				
CaO,SO^3 0g,35320	MgO,SO^3 0,16957	NaO,SO^3 0,04629	KO,SO^3 traces	NaCl 0,28909
CaO,CO^2 0,08762	MgO,CO^2 0,01356	FeO,CO^2 traces	$MnO.CO^2$ traces	Silicate de chaux 0,03383
$3CaO,PO^5$ traces	I,Br traces	Matière organ. traces	Somme. 0g,99316	

Toutes les sources de Dax nourrissent différentes conferves; les deux principales sont l'anabaina thermalis et l'oscillaria Gratelupii (Bory). La première est particulière à la Fontaine chaude, et ne se trouve nulle part ailleurs. La deuxième, au contraire, est généralement répandue et se rencontre dans toutes les sources dont la température, ne dépassant pas 50 degrés, ne descend pas non plus au-dessous de 36 degrés. Ces deux plantes ont fourni à l'analyse des traces d'iode et de brome.

L'anabaina thermalis incinérée, a laissé 60 p. 100 de cendres qui font effervescence avec l'acide et sont essentiellement com-

posées de chaux et de silice. Elles contiennent aussi de la magnésie, du fer, du manganèse, du chlore et de l'acide sulfurique.

L'oscillaria Grateloupii a fourni 45 p. 100 de cendres renfermant plus de silice que l'anabaina thermalis.

L'une et l'autre donnent sous l'influence de la lumière des gaz, qui paraissent assez variables, et en faisant dégager par compression le gaz de l'oscillaria Grateloupii, M. Serres a trouvé pour sa composition :

Az	O	CO^2	Somme.
63,23	36,03	0,74	100,00

On voit que les conferves des eaux thermales de Dax s'assimilent une proportion très-forte de substances minérales et, quand elles se décomposent, elles produisent une boue dans laquelle on prend des bains qui sont regardés comme très-efficaces contre les rhumatismes.

La grande abondance des conferves montre qu'elles contribuent puissamment à opérer, pendant l'époque actuelle, la séparation et le dépôt des substances minérales qui sont en dissolution dans les eaux, surtout lorsque ces eaux sont chaudes; on est donc conduit à penser qu'elles n'ont pas joué un rôle moins important dans la formation des terrains geysériens ou lacustres et pendant les époques géologiques antérieures.

Palatinat. — A la suite de ses études sur la géologie du Palatinat, M. Laspeyres (1), est arrivé à la conclusion que les sources salées de cette contrée résultent du lavage des mélaphyres. On peut d'ailleurs, paraît-il, les reproduire artificiellement; car, en faisant bouillir du mélaphyre avec de l'eau, on obtient une dissolution salée ayant des propriétés chimiques analogues à celles de ces sources et à laquelle il manque seulement les carbonates.

Il est probable que les autres roches de la contrée, le grès rouge, par exemple, jouent également un certain rôle dans la formation des sources; en particulier, elles contiennent du bitume et de la pyrite.

Sel gemme.

D'après une série de recherches faites par M. Roux (2), les

(1) *Zeit. d. d. g. G.* 1868, p. 153.
(2) *Comptes rendus*, t. LXVII, p. 1355.

sels gemmes de Varangéville, de Cardona, de Norwich contiennent des quantités à peine pondérables de chlorure de magnésium.

DAX. — Le sel gemme qui a été découvert depuis quelques années à Dax (1), et qui s'exploite par dissolution, a été analysé par M. Boutmy (2).

NaCl	SO^3	Al^2O^3	CaO	Résidu ferrugineux.	Eau.	Somme.
96,07	1,42	0,08	0,99	1,28	0,40	100,24

VILLEFRANQUE. — A Villefranque, dans les Basses-Pyrénées, le sel gemme se rencontre dans le voisinage immédiat de l'ophite. Parmi les particularités remarquables que présente ce gisement, on peut d'abord signaler la présence de l'ophite jusque dans le sel; cette roche s'y trouve en fragments anguleux, bien conservés, d'une belle couleur verte, lesquels ont sans doute été introduits au moment de son éruption.

Il y a en outre de l'anhydrite; tantôt elle forme dans le sel de gros rognons et tantôt elle y est disséminée. M. Gindre a constaté, en effet, qu'en soumettant à la lévigation le sel gemme de Villefranque, de manière à le dissoudre et a entraîner l'argile qui l'accompagne, le résidu qu'on obtient s'élève à quelques centièmes et consiste surtout en anhydrite ayant une couleur blanche ou rosâtre.

ISCHL.—Le sel marin d'Ischl, dans les Alpes Autrichiennes, contient quelquefois de la Blödite qui, d'après M. C. de Hauer, est représentée par la formule



$$MgSO_4, Na^2SO_4, 4Aq;$$

il y a aussi de la Löweïte qui a été décrite par Haïdinger, et dont la formule est



$$2MgSO_4, 2Na_2SO_4, 5H_2O.$$

Récemment MM. Tschermak (3), Simony et Brezina ont fait connaître une nouvelle espèce minérale la Simonyite, qui est en cristaux transparents, doués d'éclat vitreux et appartenant au système monoclinique; elle a pour formule



$$2MgSO_4, 2Na_2SO_4, 5H_2O, 3Aq.$$

(1) *Revue de géologie.*
(2) Communication de M. Franck, directeur de la saline.
(3) *Sitzb. d. K. Akad. d. Wissensch.* 1869. Novembre.

Lorsqu'on fait dessécher la Simonyite à 100 degrés, elle présente d'ailleurs la même composition que la Loweïte.

KALUTZ. — Dans la mine de sel gemme de Kalutz en Gallicie (1), on a trouvé récemment un gisement utilement exploitable de sylvine et de kainite (sulfate de magnésie avec chlorures de potassium et de sodium).

LOUISIANE. — Des dépôts de sels quaternaires ont été étudiés par M. E. W. Hilgard (2), à Petite-Anse, dans la basse Louisiane. Leur origine est attribuée à des sources salées.

Bauxite.

LOZÈRE. — Le calcaire jurassique et dolomitique des Causses, à La Chaumette, dans les environs de Mende, est traversé par des filons qui, d'après M. G. Fabre (3), ont été remplis par une argile associée à de la bauxite, à de l'oxyde de fer et à de la chaux carbonatée offrant la forme dite en tête de clou. L'analyse de cette argile a été faite à l'École des Mines :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	Perte au feu.	Somme.
34,6	38,3	15,0	traces	0,6	11,3	99,8

A la partie inférieure des filons, l'argile avec bauxite de Mende devient quelquefois bulleuse, légère et comme scoriacée.

AUTRICHE. — A l'étranger, aussi bien qu'en France, les gisements de bauxite se multiplient rapidement à mesure qu'on en fait la recherche ; et l'on en a trouvé, depuis quelques années, dans différentes parties de l'Autriche. Nous donnons, d'après M. G. Schnitzer (4), les analyses de quelques variétés qui, dès à-présent, sont utilisées dans l'industrie :

A. Bauxite blanche (Wocheinite) de Feistritz (Krain).
B. Bauxite jaune de la même localité.
C. Bauxite brun clair de Pitten près Wiener-Neustadt.

(1) Mène : *Revue hebdomadaire de chimie*, 16 novembre 1871.
(2) *American Journal*. Janvier 1869. 77.
(3) *Bulletin Soc. géol.* [2], t. XXVII, p. 516.
(4) *Jahresbericht der Chemie*, von H. Will, Engelbach, Al. Naumann, Zöppritz. 1867. 982.

	Al^2O^3	Fe^2O^3	SiO^2 avec argile.	HO	Somme.
A	64,6	2,0	7,5	24,7	98,8
B	54,1	10,4	12,0	21,9	98,4
C	53,0	24,2	7,5	13,1	97,8

Alunite.

Asie Mineure. — Dans l'Asie Mineure, à Schabbkhané Karahissar, l'on exploite depuis un temps immémorial une alunite compacte, jaunâtre, à cassure conchoïde, donnant de l'alun très-pur. Son analyse a été faite au laboratoire de l'École des Mines de Paris :

SO^3	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	NaO	KO	Perte au feu.	Somme.
8,49	33,75	[illegible]	1,20	6,45	6,53	28,00	99,55

Cette alunite présente, dans son gisement, une particularité assez intéressante ; car, d'après M. de Tchihatcheff (1), au lieu d'être, comme d'habitude associée à des trachytes, elle serait enclavée dans une syénite porphyroïde, formée d'orthose blanc rougeâtre, d'oligoclase, d'hornblende gris verdâtre et de mica vert noirâtre. Il est probable d'ailleurs que l'alunite de l'Asie Mineure résulte d'une attaque de l'acide sulfurique sur la syénite, hypothèse d'autant plus vraisemblable que cette syénite est souvent désagrégée et de plus accompagnée de dolérites.

Caucase. — Suivant M. Abich, le Caucase renferme des dépôts d'alunite, qui ne sont pas moins remarquables. En effet, près de Seglik, dans la vallée de Shomkor, leur composition chimique est voisine de celle de l'alunite de la Tolfa ; ils appartiennent du reste au terrain crétacé supérieur.

Guano.

La composition chimique de quelques variétés de guanos a été déterminée par M. A. Baudrimont (2). Les nombres qui suivent représentent les moyennes de plusieurs analyses :

(1) *Asie Mineure*, IVe partie. — *Géologie*, I, p. 378, et II, p. 138.
(2) *Revue hebdomadaire de chimie ;* par M. Ch. Méne, 1869, p. 159.

	Patagonie.	Californie.	Baker-Jervis.	Ile du Corail.	Bolivie 1860.	Bolivie 1857.
Humidité	20,8	19,2	15,2	12,0	13,5	11,2
Azote	01,0	00,9	00,8	01,0	03,0	00,5
Complément organique	11,8	08,0	07,0	13,0	10,6	05,9
Phosphate tricalcaire	20,7	49,8	68,7	60,3	54,9	49,0
Sels solubles	03,6	02,5	00,2	00,0	09,7	12,4
Résidus insolubles	26,0	15,2	00,4	00,0	06,0	01,9
Complément minéral	16,1	04,4	07,7	13,7	02,3	19,1
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Phosphorite.

OUEST DE LA FRANCE. — M. de Molon a continué avec M. Guillier ses recherches sur la chaux phosphatée qui est vers la base du crétacé supérieur.

Des gisements de nodules se retrouvent fréquemment dans l'ouest de la France, notamment dans les départements de l'Orne, d'Eure-et-Loir et de la Sarthe. Il y en a dans les communes de Céton (Orne), de Trizay, Contrelor, Saint-Serge, Vichères, Coudray au Perche, Souancé, Saint-Jean Pierre Texte (Eure-et-Loir), Cormes et Cherré (Sarthe).

D'après des essais faits par M. Durand-Claye dans le laboratoire de M. Hervé Mangon à l'École des Ponts et Chaussées, la richesse de ces nodules varie de 18 à 25 p. 100 d'acide phosphorique, soit 40 à 55 p. 100 de phosphate tribasique de chaux.

LIMOGNE. — Des gîtes considérables de chaux phosphatée viennent aussi d'être découverts dans le canton de Limogne, département du Lot. Ce minéral, dont la structure est concrétionnée et caverneuse, ressemble à de la calamine et présente le même aspect que dans le pays de Nassau. M. Léon Durand-Claye en a encore fait plusieurs analyses :

	I	II	III
Acide phosphorique	40,64	40,23	33,77
Chaux et bases précipitées avec l'acide phosphorique	54,30	54,70	49,80
Résidu insoluble dans l'acide chlorhydrique	traces	1,80	7,10
Eau, acide carbonique et perte	5,09	3,27	9,33
Phosphate tribasique de chaux correspondant à l'acide phosphorique	88,53	87,70	73,62

Ce phosphate de Limogne est surtout remarquable par la facilité avec laquelle il s'attaque par les acides même faibles. En effet,

M. Durand-Claye a constaté qu'étant pulvérisé et mis pendant vingt-quatre heures en digestion avec de l'eau contenant de l'acide carbonique en dissolution, la proportion de la matière qui se dissout est de 1 p. 100. Plus que tout autre, le phosphate de Limogne peut donc être employé directement dans l'agriculture, après avoir été simplement réduit en poudre.

Gippsland. — A Bruthen Creek dans le Gippsland (Etat de Victoria), M. G. Ulrich (1) indique des concrétions noduleuses qui sont intercalées dans une argile brun-rouge paraissant provenir de la décomposition d'un basalte. Elles sont quelquefois accompagnées de carbonate de cuivre vert et bleu; on y trouve surtout des proportions variables de silice et de chaux carbonatée. D'après l'analyse suivante, faite par M. C. Newbery, on doit les regarder comme formées par de la phosphorite impure :

SiO^2	Fe^2O^3	CaO	PO^5	CaO,CO^2	Somme.
56,309	2,579	17,354	15,894	7,954	100,090

On sait d'ailleurs qu'en Bavière MM. Gümbel et Nauck (2) ont également rencontré de la phosphorite qui est associée à des roches basaltiques.

Roches calcaires.

Nous donnerons d'abord la composition de quelques dépôts calcaires qui sont formés à l'époque actuelle par des sources, par des rivières ou par la mer.

Calcaire concrétionné.

Colorado.—Dans la vallée de Fontaine-Creek, environ à 3 milles au-dessus de Colorado City, on trouve des eaux thermales et sodiques dont l'une produit un dépôt de calcaire ayant la composition suivante (3) :

(1) *Contributions to the Mineralogy of Victoria;* 1870, 12.
(2) *Revue de géologie;* IV, page 52.
(3) F. V. Hayden : *United States Geological Survey of Colorado and New-Mexico.* Washington, 1869, p. 46.

CaO,CO^2	MgO,CO^2	Sulfate de chaux, chlorure de calcium et de magnésium.	SiO^2	Matières végétales.	Eau et perte.	Somme.
92,25	1,21	0,23	1,60	0,20	4,61	100,00

De même que dans le dépôt calcaire des eaux thermales d'Aix, dont la composition a été donnée précédemment, ce dépôt de Fontaine-Creek contient une certaine proportion de carbonate de magnésie.

Limon calcaire.

Durance. — M. l'Ingénieur des Mines Villot (1) a entrepris une série de recherches pour déterminer, comme l'avaient fait précédemment Berthier et M. Hervé-Mangon, la composition du limon déposé par la Durance

Chaque jour M. l'Ingénieur en chef Monnet fait puiser au pont de Mirabeau un litre de l'eau de la Durance qui est versé dans un même vase. Lorsque l'eau est claire on la décante, et le limon reste dans le fond. En opérant ainsi pendant les six mois compris depuis octobre 1870 jusqu'en avril 1871, on a obtenu un gâteau de limon qui, à l'état pâteux, présente à peu près une densité égale à 1. Desséché à 100 degrés, il pèse $0^k,836$ et sa densité rapportée au volume apparent est de 1,666.

D'après M. Villot, voici quelle est la composition moyenne de ce limon de la Durance :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	CO^2	Eau et matières organiques	Somme.
38,0	12,4	2,6	22,4	17,5	5,8	98,7

Ces recherches seront continuées, et elles offrent beaucoup d'intérêt, à cause de l'emploi de l'eau de la Durance pour les irrigations et pour la ville de Marseille. Toutefois il serait à désirer que l'analyse du limon de la Durance fût faite d'une manière plus complète ; il faudrait notamment qu'elle donnât la proportion des substances les plus utiles à l'agriculture, qui n'y entrent du reste qu'en petite quantité, comme l'azote, la potasse et l'acide phosphorique.

Vase crayeuse.

Atlantique. — La vase (*Ooze*) qui se dépose dans les grandes

(1) Voir *Revue de géologie*, t. VIII, p. 69, et p. 222.

profondeurs de l'Atlantique, a été analysée par M. John Hunter (1). Elle provenait de 4.454 mètres, par 47°38' latitude et 12° 8' longitude. Après dessiccation, elle avait une couleur blanche comme la craie; de plus elle présentait des organismes microscopiques calcaires ou même siliceux. On avait eu soin de la débarrasser d'abord du sel marin et des autres sels qui l'imprégnaient.

CaO,CO^2	MgO,CO^2	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	Somme.
61,34	4,00	23,38	5,31	5,91	99,92

Cette vase crayeuse de l'époque actuelle renferme donc 4 p. 100 de carbonate de magnésie, ainsi que de la silice, de l'argile et de l'oxyde de fer.

NOUVELLE-CALÉDONIE. — Une vase verdâtre qui se dépose dans le port de Noumea, sous 8 mètres d'eau, a de même été analysée par M. Périer (2). Elle contient environ 73 p. 100 de carbonate de chaux, 18 de quartz accompagné d'argile verdâtre, 7 d'eau et 2 de matières organiques. On y distingue des coraux et de nombreux mollusques; elle est riche en foraminifères, parmi lesquels M. P. Fischer signale des Miliola, des Orbitolites, surtout des Tinoporus, des Calcarina, des Amphistegina.

Craie.

NORD. — La craie à micraster cor anguinum de Carvin, dans le département du Nord, forme un banc dur nommé par les ouvriers *banc de meule*, dont l'analyse a été faite par M. Savoye (3):

CaO,CO^2	MgO,CO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	Silice soluble dans l'acide azotique.	PO^5	Argile	Glauconie.	Somme.
94,67	0,64	1,97	0,23	0,52	0,67	0,62	1,00	100,32

De même qu'à Lezennes, à Lille et à Estreux près Valenciennes, cette craie contient des nodules de phosphate de chaux qu'on

(1) *Journal of the Chemical Society*. Mai 1870.
(2) Berchon, de Folin, Périer : *Les fonds de la mer*. 16e livr., p. 249.
(3) *Géologie et paléontologie de la craie de Lezennes*, par MM. Gosselet Hallez, Chellonneix et Ortlieb. 1869, p. 6.

désigne, d'une manière générale, dans le Nord sous le nom de *tun*; il n'est donc pas étonnant qu'on y trouve une proportion notable d'acide phosphorique.

Calcaire.

Fumel. — Le calcaire crétacé de Fumel (Lot-et-Garonne), qui appartient à l'étage cénomanien, est employé comme castine, pour les hauts fourneaux de cette localité, et consiste en un calcaire presque pur. Suivant M. Barachon (1), chimiste de l'usine, il présente, en effet, la composition suivante :

CaO	MgO	Fe^2O^3,Al^2O^3	CO^2	SO^3	$C^{12}H^3,PO^5$	Argile.	HO	Somme.
54,00	0,58	0,50	42,48	0,02	traces.	1,10	0,54	99,22

Calcaire avec silice soluble.

Le calcaire avec silice pulvérulente, soluble dans les alcalis, fournit des chaux hydrauliques qui sont très-renommées (2); il est donc utile de faire connaître sa composition et ses gisements.

Mentionnons spécialement les calcaires de Paviers et de l'Homme-d'Armes, dont le premier appartient au crétacé moyen et le second au néocomien inférieur.

Paviers. — à Paviers, près de l'Ile Bouchard (Indre-et-Loire), M. le marquis de Quinemont exploite souterrainement et sur 7 mètres d'épaisseur, une craie gris-blanchâtre, appartenant à la craie micacée ; elle est située au-dessus des bancs argileux avec ostracées et recouverte par la craie tufau proprement dite qui donne une pierre à bâtir si facile à travailler. La composition des couches servant à fabriquer la chaux hydraulique, a été déterminée au laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées :

A. Craie blanchâtre, très-tendre, prise au milieu des couches servant à faire la chaux hydraulique de Paviers.

A'. Craie blanchâtre, prise à la partie supérieure de ces couches.

(1) Lettre à M. Delesse.

(2) Delesse. *Matériaux de construction des Expositions universelles de 1855, 1862, 1867* (Rapports du Jury International).

	CaO,CO^2	SiO^2	Al^2O^3,Fe^2O^3	Eau et perte.	Somme.
A	82,97	9,07	1,92	6,04	100,00
A'	62,99	22,72	1,77	12,52	100,00

Il importe d'observer que la craie à aspect marneux, qui sert à fabriquer la chaux hydraulique de Paviers, est, non pas argileuse, mais essentiellement siliceuse; car on n'y trouve que très-peu d'alumine. Sa composition chimique la rapproche d'ailleurs de la gaize des Ardennes et du calcaire néocomien qui fournit la chaux hydraulique du Theil.

L'Homme-d'Armes. — Au nord de Montelimar, à l'Homme-d'Armes, on exploite un calcaire contenant également de la silice pulvérulente, qui donne une chaux hydraulique de bonne qualité. Voici les résultats des recherches faites sur ce calcaire par M. l'ingénieur Villot.

Il appartient au terrain néocomien inférieur et, à partir de la surface, on trouve successivement:

I. Des bancs plus ou moins altérés par les agents atmosphériques.

II. Des bancs contenant des rognons de silex et au-dessous d'eux des bancs bleuâtres donnant déjà de bons produits hydrauliques.

III. Un petit banc jaune dit à ciment, mais dont la composition est très-variable et qui par suite ne peut servir utilement à en fabriquer.

IV. Enfin au-dessous une série très-épaisse de bancs bleuâtres qui sont réguliers et présentent une composition bien constante; ce sont eux qui donnent les meilleurs produits.

L'essai de deux échantillons pris dans les bancs bleuâtres, à la base de II et de IV, a donné à M. Villot:

	Chaux.	Magnésie.	Oxyde de fer.	Silice et argile.	Ac. carbonique et eau.	Somme.
II	45,2	0,8	1,2	15,7	38,0	100,9
IV	45,9	0,5	1,0	18,0	35,5	100,9

L'examen du résidu insoluble dans l'acide a montré qu'il contient en moyenne 95 de silice et seulement 5 d'alumine; il est formé de silice pulvérulente accompagnée d'un peu d'argile.

Le calcaire de l'Homme-d'Armes présente donc la même composition que le calcaire du Theil qui fournit une chaux hydraulique d'excellente qualité, pouvant servir pour les travaux à la mer, et qui s'exploite sur une vaste échelle de l'autre côté du Rhône. Tous deux appartiennent au néocomien inférieur.

Calcaire argileux.

NIBELLE. — Deux analyses de calcaires argileux qui sont employés au marnage des terres, nous ont été communiqués par M. Moissenet, directeur du bureau d'essai à l'École des Mines. Ces calcaires appartiennent à l'étage lacustre de la Beauce, et s'exploitent à Nibelle, canton de Beaune-la-Rolande (Loiret).

	CaO	MgO	Fe^2O^3	Argile avec un peu de sable	SO^3	PO^5	Perte au feu.	Somme.
I	29,60	traces	2,60	37,60	traces	0,05	29,80	99,65
II	36,60	traces	2,00	28,30	traces	0,06	32,60	99,56

WARCQ. — Le calcaire à gryphées arquées des environs de Charleville est propre à fournir une bonne chaux hydraulique. Une analyse du calcaire gris bleuâtre de Warcq, ayant un grain fin et une apparence bien homogène, a donné à MM. Nivoit et Létrange (1):

CaO,CO²	MgO,CO²	Fe^2O^3	Al^2O^3	Silice soluble dans la potasse.	Sable fin.	Sable en gros grains.	Eau combinée et matière bitumineuse.	Eau hygrométrique.	Somme.
71,25	traces	3,46	8,10	3,40	8,16	1,60	2,30	1,73	100,00

On peut remarquer l'existence dans cette marne liasique de silice soluble dans la potasse ; de plus la silice n'étant pas en quantité suffisante pour former de l'argile avec l'alumine, il est possible qu'il y ait de l'alumine à l'état d'hydrate.

FONTANILLES. — D'après le bureau d'essai de l'École des mines, le calcaire marneux gris à ammonites fimbriatus provenant du lias moyen de Fontanilles près Mende, présente la composition suivante :

Silice et un peu d'argile.	Fe^2O^3	CaO	MgO	Perte au feu.	Somme.
17,6	4,0	43,3	traces	35,0	99,9

(1) *Annales des mines*, t. XVIII, p. 110; 1870.

BUFFON. — Aux forges de Buffon (Côte-d'Or), un ciment naturel est fabriqué par M. Thierry avec des marnes liasiques. Voici quelle composition M. Durand-Claye a obtenu pour ce ciment:

SiO^2	Al^2O^3 Fe^2O^3	CaO	MgO	SO^3	Perte au feu.	Somme.
25,60	15,00	48,25	0,85	1,10	9,20	100,00

La composition du ciment de Buffon et ses propriétés le rapprochent du ciment à prise lente de Grenoble (1).

CAMBO. — Deux variétés du calcaire jurassique de Cambo dans les Basses-Pyrénées ont été analysées par M. Gindre.

A. L'une bleu grisâtre, à cassure compacte, traversée par des veines blanches de chaux carbonatée spathique, provenait de la carrière d'Ibarrondoa.
B. L'autre, formait un quart de la masse dans un calcaire jurassique semblable au précédent; elle contenait des ammonites, ainsi que des belemnites et elle provenait de la carrière de Taubletche.

	CaO	MgO	Al^2O^3,Fe^2O^3	Argile.	Perte au feu.	Somme.
A	48,70	1,17	1,35	17,00	31,78	100,00
B	37,30	1,35	2,60	24,25	34,50	100,00

Ces recherches de M. Gindre avaient pour but la fabrication de matériaux hydrauliques. L'échantillon A fournit une chaux hydraulique de bonne qualité, et il en est de même pour B qui est une chaux limite ou un ciment.

MANOSQUE, FORCALQUIER. — Dans le bassin à lignite de Manosque et Forcalquier, qui livre à la consommation locale une quantité plus ou moins grande de charbon, on trouve, subordonnés aux lignites, des bancs nombreux et parfaitement réglés de calcaires, qui contiennent fréquemment les proportions de silice et d'argile les plus convenables pour donner de bons produits hydrauliques.

L'idée d'utiliser sur place les calcaires inférieurs de l'exploitation du charbon à la fabrication des chaux ou des ciments, idée si heureusement mise en pratique dans les Bouches-du-Rhône, par

(1) Delesse. *Matériaux de construction de l'Exposition universelle de* 1855 ; page 270.

la production des ciments de la Valentine, a été appliquée par quelques industriels des Basses-Alpes; une série d'échantillons envoyés par eux au laboratoire de Marseille, a été analysée par M. l'ingénieur Villot, et ces recherches leur ont servi de guide pour le choix des différents bancs à exploiter.

Tous ces bancs sont situés entre le système des charbons maigres et celui des charbons gras qui, au nord de la ville de Manosque, se dirigent à peu près E.-O., et sont recoupés par les vallées de la Mort, d'Imbert et de Gaude. C'est dans cette dernière qu'a été recueillie la série suivante des calcaires analysés :

Numéros d'ordre.	Silice et argile.	Al^2O^3 et Fe^2O^3	Chaux.	HO et matières volatiles.	Somme.
I	9,0	0.8	50,0	37,0	96,8
II	17,0	2,4	45,0	35,6	100,0
III	3,0	0,8	53,7	44,2	101,7
IV	21,6	2,0	42,5	34,0	100,1
V	14,4	6,0	44,2	35,4	100,0
VI	43,8	5,0	28,2	25,6	101,6
VII	25,0	4,0	39,4	31,6	100,0
VIII	19,4	4,4	42,5	33,6	99,9
IX	9,4	6,0	47,2	37,4	100,0
X	24,0	1,6	42,5	31,9	100,0
XI	14,4	1,5	46,8	37,2	99,9
XII	14,4	2,0	46,2	36,9	99,5
XIII	26,4	10,0	37,8	25,8	100,0
XIV	23,4	12,6	35,2	29,7	100,9
XV	26,8	2,4	39,5	31,3	100,0
XVI	15,8	0,4	47,0	36,6	99,8
XVII	41,0	6,0	29,7	23,3	100,0
XVIII	25,2	4,0	39,6	31,2	100,0
XIX	9,4	2,0	49,3	38,6	99,3
XX	6,2	1,8	50,8	40,4	99,2
XXI	11,6	4,0	46,8	37,6	100,0
XXII	16,8	5,4	44,3	32,5	99,0

On voit donc qu'on trouve dans les Basses-Alpes et dans le terrain à lignites de la vallée de Gaude, un assez grand nombre de calcaires argileux qui seraient propres à la fabrication, soit de la chaux hydraulique, soit des ciments.

ILLINOIS.—M. Blaney (1) a donné la composition d'un calcaire argileux de l'Illinois qui est employé pour faire du ciment :

CaO,CO^2	MgO,CO^2	FeO,CO^2	Argile.	SIO^2	Al^2O^3	KO	HO	Somme.
43,50	30,07	2,00	20,00	1,00	traces	0,18	3,00	99,75

(1) A. H. Worthen. *Geological Survey of Illinois* : I, p. 256.

Marne.

Saulx. — Les marnes bitumineuses du lias supérieur de Saulx, dans la Haute-Saône, ont été analysées par M. L. Durand-Claye, au laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées.

	Résidu insoluble.	Al^2O^3, Fe^2O^3	CaO	MgO	PO^5	Az	CO^2 et produits non dosés.	Somme.
I	47,70	4,01	18,80	0,25	0,99	0,16	25,09	100,00
II	43,20	2,56	23,85	0,45	0,89	0,18	28,87	100,00
III	43,45	3,17	21,35	0,45	0,78	0,18	30,62	100,00

Constatons que les marnes du lias sont, relativement, riches en acide phosphorique ; on sait d'ailleurs, qu'outre la chaux, elles contiennent de la potasse, ainsi que des matières organiques azotées : par conséquent leur composition chimique explique très-bien la grande fertilité des sols de France, d'Allemagne et d'Angleterre qui sont formés par leur désagrégation.

Marne glauconieuse.

Mississipi. — Quelques marnes tertiaires, habituellement glauconieuses, qui, dans l'État de Mississipi, sont utilisées comme engrais pour les terres, ont été analysées par M. E. W. Hilgard (1) :

A. Marne argileuse de Judge-Hiram Cassedy, comté de Franklin.

B. Marne glauconieuse de Garland-Creek.

C. Marne de Moody-Branch, comté de Jackson.

D. Marne prise près la station de Byram, comté Cook-Ferry.

	Matières insolubles.	Silice soluble.	KO	NaO	CaO	MgO	Oxyde brun de manganèse.	Fe^2O^3	Al^2O^3	SO^3	PO^5	CO^2	Eau.	Pyrite de fer.	Somme.
A	49,47	»	1,24	0,15	13,19	1,83	0,27	5,54	12,59	0,03	0,13	9,60	5,88	»	99,92
B	21,66 (1)	24 22	1,72	0,46	14,78	2,48	0,40	13,02	7,75	0,57	0,33	12,49	»	»	99,88
C	37,40 (2)	»	0,44	0,21	28,82	1,11	»	5,13		»	0,26	23,08	3,25	»	100,00
D	12,[illegible]1 (3)	»	0,61	0,18	43,93	1,66	»	2,70		»	0,22	34,72	2,40 (4)	1,27	100,00

(1) Silice et sable.
(2) Argile blanche et silice ténue.
(3) Principalement du sable.
(4) Eau et matières organiques.

(1) *Report on the Geology of Mississipi*, p. 178, 175, 170 et 168.

On peut observer que ces marnes, considérées comme engrais, fournissent, indépendamment de la chaux et de la magnésie, des proportions notables de potasse et d'acide phosphorique.

La marne glauconieuse de Garland Creek donne de plus beaucoup de silice soluble dans le carbonate de soude.

Calcschiste.

TUNNEL DES ALPES. — M. Moissenet a fait l'analyse de deux calcaires schisteux provenant de la grande masse de calcaire qui est recouverte par le terrain anthraxifère, dans le tunnel des Alpes occidentales. Ces calcaires appartiennent à une grande masse qui, d'après MM. Élie de Beaumont (1) et Sismonda, est jurassique et analogue à celle de Villette en Tarentaise.

A. Calcaire schisteux, cristallin, gris, à feuillets noirs, luisants; contenant environ 13 p. 100 de quartz libre plus ou moins disséminé. Il a été pris dans le tunnel, environ à 5 195 mètres de Modane.

B. Calcaire schisteux, gris, cristallin, sableux, avec schiste noir luisant, à surface de glissement d'un aspect anthraciteux, pyrites et paillettes de mica d'un éclat argentin répandues dans la masse; contenant environ 3 p. 100 de quartz disséminé. Il a été pris environ à 5 195 mètres de Modane.

	SiO^2	Al^2O^3	FeO	MgO	CaO	Eau et matières organiques.	CaO, CO^2	Quartz.	Somme.
	13,76	10,00	2,13	0,33	traces	3,06			
A	29,28 schiste.						57,14	12,56	98,99
	9,93	6,00	1,52	0,38	traces	3,35			
B	21,13 schiste.						71,45	7,07	99,65

Le schiste noir qui est associé à ces calcaires se trouve en proportion très-variable : il renferme en moyenne 47 de silice et 30 d'alumine; par suite il se rapproche du schiste A, du terrain anthraxifère des Alpes dont l'analyse sera donnée plus loin.

Calcaire cristallin.

ALPES APUENNES. — La stratigraphie des marbres saccharoïdes des Alpes Apuennes est restée incertaine jusque dans ces derniers temps. Les géologues les ont placés successivement dans le terrain

(1) Élie de Beaumont : *Sur les roches qu'on a rencontrées dans le creusement du tunnel des Alpes occidentales entre Modane et Bardonnèche.* 1871.

silurien, dans le trias et en dernier lieu dans le lias inférieur ; mais M. Cocchi (1), après de nombreuses coupes faites aux environs de Serravezza et de Carrare, croit devoir leur assigner une position bien différente.

De toutes ses études, il conclut que les marbres des Alpes Apuennes recouvrent partout les schistes cristallins avec lesquels ils sont en discordance de stratification, tandis qu'ils sont en concordance avec le verrucano, auquel ils doivent être reliés.

De plus, comme le verrucano est placé au-dessous du trias et que sa base se rapporte au terrain anthraxifère, le marbre saccharoïde, qui lui est antérieur, doit représenter, selon M. Cocchi, la base du terrain carbonifère proprement dit, ou peut-être le calcaire dévonien, ou bien encore tous les deux.

Roches siliceuses.

Silice soluble.

Yonne, Lozère. — Le Bureau d'essai de l'École des Mines a déterminé la composition de deux variétés de silice qui sont solubles dans les alcalis, pulvérulentes, amorphes et à l'état argileux :

A. Silice provenant de la terre des Guerriers, près Toucy (Yonne).
B. Silice blanche, amorphe et soluble, du calcaire à entroques dolomitique, de Pont-Neuf près Mende (Lozère).

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	Perte au feu.	Somme.
A	89,67	3,33	0,80	1,67	0,33	3,67	99,47
B	96,30	»	2,00	»	»	1,60	99,90

Suivant M. Fabre la silice argileuse B de Pont-Neuf doit être considérée comme éruptive ou geysérienne.

Gaize.

La gaize est une roche formée presque entièrement de silice soluble dans les alcalis, dont l'existence a d'abord été signalée dans l'Argonne par M. Sauvage. Récemment, elle a été examinée par MM. H. Sainte-Claire Deville et J. Desnoyers (2) qui se sont proposés de l'utiliser comme matière réfractaire.

(1) *Comitato geologico Italiano.*
(2) *Comptes rendus.* Mars 1870.

Elle se travaille avec la plus grande facilité au pic, au ciseau et même sur le tour. Sa densité apparente est seulement 1,48 et se réduit à 1,44 par calcination ; le retrait cubique qu'elle éprouve alors n'est que 0,022 du volume primitif, en sorte que son retrait linéaire est presque négligeable. Un échantillon brut a supporté sans se fondre, et même sans se déformer, la température de la fusion du fer. Aussi MM. H. Sainte-Claire Deville et Desnoyers observent-ils qu'en choisissant de la gaize contenant peu d'oxyde de fer et de carbonate de chaux, il serait possible de s'en servir pour fabriquer des creusets, des briques, des pièces de fours et de hauts fourneaux, et en général pour tous les produits réfractaires.

La gaize forme d'ailleurs un étage géologique bien caractérisé à la base du terrain crétacé supérieur. M. de Lapparent l'a observée non-seulement dans les Ardennes, mais encore dans la Normandie et dans le nord du bassin de Paris.

M. Élie de Beaumont a même fait remarquer que la craie tufau des bords de la Loire devait probablement à de la silice soluble la propriété qu'elle a de se tailler si facilement et de durcir par l'exposition à l'air.

La craie tufau de Reigate, que l'on recherche en Angleterre, pour la construction des fours, semble également à M. Élie de Beaumont pouvoir emprunter ses propriétés à de la silice soluble.

Silice sécrétée par les organismes microscopiques.

Les organismes microscopiques peuvent, d'après les recherches de M. Ehrenberg (1), former des dépôts importants de silice. Ces derniers, qui ont le plus souvent l'apparence de la terre de pipe, atteignent en Amérique jusqu'à 350 mètres d'épaisseur et proviennent de l'accumulation des carapaces siliceuses de bacillaires. Les géologues américains les ont observés sur une multitude de points dans le vaste espace compris entre le Mississipi et le Pacifique, ainsi que dans les hautes régions du Mexique et de la Californie. Dans ce dernier pays ils sont quelquefois recouverts par des tufs volcaniques, et très-souvent encore par du basalte. Dans le district Nevada, on trouve d'ailleurs des gallionelles comme à Bilin. Dans les hautes régions de la Californie et du Mexique, les biolithes siliceuses de bacillaires deviennent quelquefois marneuses et sont mélangées de carbonate de chaux; M. Ehrenberg a constaté que ce carbonate provient alors de valves de cypris.

(1) *Monatsbericht der Königl. Akademie der Wissenschaften.* Berlin, 5 mai 1870.

Les dépôts siliceux de Californie semblent surtout abondants dans les parties où des volcans étaient en activité ; et, comme l'a fait observer M. Withney, il est possible que cela tienne à l'échauffement du sol, et à ce que les eaux chaudes dissolvent une plus grande proportion de silice.

Tandis que, dans la Haute Californie, les dépôts siliceux se distinguent par l'absence ou par la rareté des débris de plantes, près de la côte, ils deviennent au contraire assez bitumineux pour que, d'après M. Withney, il y ait quelquefois avantage à les exploiter ; en outre ils contiennent des biolithes ayant une origine marine.

Bien avant l'époque actuelle et depuis un temps très-reculé, les parties basses de la Californie étaient donc couvertes par une riche végétation, mais les parties hautes présentaient généralement un désert.

Sable.

FUMEL. — Le terrain tertiaire éocène des environs de Fumel (Lot et-Garonne), contient des couches de sables quartzeux qui sont exploitées comme matières réfractaires. M. Barachon a fait l'essai de deux variétés de ces sables, l'une blanche (I), l'autre colorée (II) :

	Silice et quartz.	Al^2O^3, Fe^2O^3	CaO	MgO	Alcalis.	Somme.
I	97,00	0,50	0,82	traces	0,92	99,24
II	97,00	1,00	1,02	traces	non dosés	99,02

TOMBIGBEE. — Le sable crétacé de Tombigbee (Mississipi) a été analysé par M. Eug. W. Hilgard (1). Voici la composition d'un échantillon gris verdâtre, micacé qui provenait de Waverley Bluff :

Sable micacé.	KO	NaO	CaO	MgO	Fe^2O^3	Al^2O^3	PO^5	SO^3	CO^2	HO	Somme.
88,70	0,20	0,19	1,36	0,72	5,60		0,33	0,01	0,47	2,31	99,89

Ce sable se distingue par la présence d'acide phosphorique qui s'y trouve en proportion aussi grande que dans les marnes recherchées par les agriculteurs du Mississipi.

(1) *Report on the Geology of Mississipi*, p. 96.

Sable glauconieux.

SHONGALO. — M. E. W. Hilgard (1) a encore analysé le sable tertiaire glauconieux de Shongalo (Mississipi) :

Sable grossier.	Silice soluble en NaO, CO^2	KO	NaO	CaO	MgO	Fe^2O^3	PO^5	CO^2	HO	Somme.
36,71	18,30	1,60	0,04	0,17	1,63	34,38 (1)	traces	0,13	7,01	99,97

(1) Avec un peu d'alumine

Ce sable est très-riche en glauconie, et on l'estime d'autant plus comme engrais qu'il en contient davantage.

La potasse et la silice soluble qu'il renferme doivent d'ailleurs le rendre très-fertilisant.

Grès.

TOULON. — Deux échantillons du grès bigarré, qui est employé comme pavé pour la ville de Toulon, ont été essayés par M. Diday.

I. Grès bleuâtre. | II. Grès jaunâtre.

	I	II
Quartz et débris de roches feldspathiques	83,8	89,6
Carbonate de chaux	14,6	9,6
Eau et perte	1,4	0,8
Somme	100,0	100,0

Alios.

Une explication du mode de formation de l'alios des Landes a été donnée par M. Faye (2). En hiver et au printemps, le sol des Landes est inondé; mais il se dessèche complétement en été, et alors la nappe souterraine qui remontait jusqu'au sol descend jusque vers la profondeur de 1 mètre. Tous les produits de la décomposition des végétaux qui sont en dissolution ou en suspension dans l'eau viennent, à ce moment, s'accumuler à cette surface d'étiage, au niveau de laquelle ils cimentent les grains de sable en formant de l'alios. Aux matières organiques se joint quelquefois de l'hydroxyde de fer, dissous par les acides végétaux; mais sa proportion est très-variable et même il n'y en a pas toujours (3).

Itacolumite.

L'itacolumite est une sorte de grès silliceux, très-flexible, le plus

(1) *Report on the Geology of Mississipi*, p. 165.
(2) *Académie des sciences*, 25 juillet 1870.
(3) *Revue de géologie*, VIII, 50.

souvent associé au diamant ; il se trouve au Brésil, dans l'Oural, ainsi que dans la Géorgie et dans la Caroline du Nord (États-Unis). M. Ch. M. Wetherill (1) a déterminé sa densité qui est 2,61 et s'élève à 2,69 quand on fait disparaître l'air qui l'imprègne, en le mettant dans le vide. Sa composition est la suivante :

Densité.	SiO^2	Fe^2O^3 (1)	CaO	HO	Somme.
2,61	95,89	2,78	0,04	0,17	99,68

(1) En outre traces de potasse, de soude, de magnésie et d'oxyde de manganèse.

Des lamelles de mica s'observent dans l'itacolumite qui, examinée sous le microscope, montre des grains de quartz ayant des arêtes aigues et pouvant jouer l'un sur l'autre.

Roches argileuses.

Vase fluviatile.

NORD DE L'ALLEMAGNE. — Suivant M. von Bennigsen-Forder (2), les dépôts argileux que l'Elbe, l'Oder, la Vistule et les fleuves du nord de l'Allemagne forment dans les marécages vers leur embouchure, contiennent plusieurs centièmes d'humus, mais une proportion de chaux qui reste inférieure à 1 p. 100. La composition moyenne de ces dépôts serait environ :

Argile. . . . 60 à 70 | Sable. . . . 20 à 30 | Humus. 5

Dans les marais qui sont situés au bord de la mer et près de l'embouchure de ces mêmes fleuves, la proportion de chaux peut d'ailleurs s'élever à 5 p. 100.

Vase marine.

NEW-JERSEY.— M. George K. Cook (3) a donné la composition des vases qui se déposent actuellement au voisinage de la mer dans les marais du cap May, dans l'État du New-Jersey.

A. Vase qui s'est formée pendant un seul hiver à la surface d'un marais ; en regard de South Dennisville.
B. Vase prise sur un banc dans une crique du cap May.

(1) *Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie für* 1867, p. 978.
(2) *Das Nordeuropäische und besonders das vaterlandische Schwemmland.*
(3) *Geology of New-Jersey*, p. 382.

	SiO^2 soluble.	SiO^2 insoluble (sable).	FeO	Al^2O^3	CaO	MgO	KO
A	25,91	25,94	6,87	14,33	0,86	1,91	1,57
B	15,69	48,38	2,92	9,40	2,17	1,66	2,38

	SO^3	PO^5	CO^2	NaCl	HO	Matières organiques.
A	2,47	0,34	0,55	1,39	8,01	8,62 (1)
B	1,70	0,33	0,84	2,00	5,36	6,27 (2)

(1) Contenant 0,59 AzH^3. | (2) Contenant 0,31 AzH^3.

Ces dépôts vaseux du New-Jersey renferment beaucoup de matières organiques, de l'acide phosphorique, de l'acide sulfurique, de la potasse et du sel marin.

Argile.

France.—Différentes argiles ont été analysées au Bureau d'essais de l'École des Mines.

A. Argile blanche de Ville-Vallée (Haute-Vienne).
B. Argile de Nauffles Saint-Martin, près Gisors (Eure).
C. Argile sableuse de Saint-Chaptes, commune d'Aubusfargues (Gard).

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	Alcalis.	Cl,SO^3	Perte au feu.	Sable fin.	Somme.
A	85,00	7,33	0,50	1,50	»	»	»	5,00	»	99,33
B	58,67	22,33	2,33	2,00	0,33	»	»	14,00	»	99,66
C	24,00	11,00	1,30	»	»	»	»	6,00	57,00	99,30

Paviers.—A Paviers (Indre-et-Loire), la craie tufau est recouverte par une argile tertiaire qui contient des débris de silex provenant de la craie, et atteint une épaisseur de plusieurs mètres. Cette argile est blanche, douce au toucher, et, traitée par une lessive de potasse, elle abandonne une proportion assez forte de silice et d'alumine. Son analyse a été faite au laboratoire de l'École des ponts et chaussées sous la direction de M. Hervé-Mangon :

SiO^2	Al^2O^3	CaO	Eau et perte.	Somme.
67,00	22,00	1,00	10,00	100,00

Dans la Touraine, des argiles à silex contemporaines de celle de Paviers, sont exploitées comme matières réfractraires et, près de Langeais, en particulier, on les emploie à la fabrication des poteries de luxe.

Bâle.— Les argiles réfractaires d'Hofstetten et de Witterschwiler, aux environs de Bâle, ont été analysées par M. Fr. Goppelsröder (1).

A. Grès jaunâtre ou blanc avec veines rouges.
B. Grès blanc grisâtre ou jaune.

	SiO^2 (1)	Al^2O^2	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	Eau et matières organiques
A	78,911	7,171	3,031	1,991	0,272	1,413	0,620	6,590
B	53,425	22,730	6,378	4,990	0,530	1,355	0,672	9,920

(1) Avec sable.

Ries. — Dans la description du bassin qu'on nomme le *Ries*, M. Gümbel (2) fait connaître, d'après des analyses du professeur Röthe, la composition chimique d'une argile servant à confectionner des briques et appartenant à une sorte de *Lehm*.

A. Couche inférieure, rougeâtre, sableuse, des environs de Nordlingen.
B. Couche supérieure, brunâtre, foncée, se trouvant immédiatement au-dessus de la terre végétale, dans la même carrière.

	SiO^3	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	HO	Phosphates alcalins, sable et perte.	Somme:
A	66,07	12,90	5,27	2,60	1,61	10,96	0,58	100,00
B	66,50	14,43	4,91	1,47	1,80	9,98 (1)	0,91	100,00

(1) Avec acide humique.

Cette argile est associée, dans le terrain de transport du Ries, à des couches jaunâtres, qui contiennent environ 10 pour 100 de carbonate de chaux, et peuvent être assimilées au *loess*.

Comme dans le loess de l'Alsace, on trouve dans ces dernières couches des concrétions calcaires (*Löss-Kindchen*) renfermant près de 75 p. 100 de carbonate de chaux, et il y a aussi des grains de limonite très-manganésifère.

(1) *Jahresbericht der Chemie*, von H. Will, Engelbach, Al. Naumann Zöppritz. 1867, p. 1030.
(2) Gümbel : *Ueber den Riesvulkan und uber vulkanische Erscheinungen im Rieskessel.*

ILLINOIS. — L'argile (*underclay*), qui supporte le charbon du terrain houiller de l'Illinois, fournit une terre réfractaire de bonne qualité. Sa composition a été déterminée par M. V. Z. Blaney, sur un échantillon recueilli par M. Worthen (1) à la mine Dils. On peut voir qu'elle est très-alumineuse, mais qu'elle contient un peu trop de fer pour être bien réfractaire.

SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	Perte au feu.	Somme.
44,57	38,07	4,57	1,27	0,70	10,82	100,00

Argile marneuse.

SAINT-HENRY. — On exploite à Saint-Henry, à Saint-André, ainsi qu'à l'Estaque et dans toute la vallée de l'Huveaune, aux environs de Marseille, des argiles qui alimentent de nombreuses fabriques de tuiles et de poteries, donnant lieu à un commerce d'exportation assez important. Ces argiles ont une couleur rouge et appartiennent, d'après M. Villot, au terrain d'eau douce qui est contemporain de la mollasse marine de la Provence. L'essai d'un échantillon de Saint-Henry, lui a donné les résultats suivants :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	HO, CO^2 et perte au feu.	Somme.
38,0	24,0	4,5	11,0	0,8	20,0	98,3

La présence de l'oxyde de fer et du carbonate de chaux ne permet pas d'obtenir des produits réfractaires avec ces argiles. Quelquefois la proportion du carbonate de chaux y devient très-grande, et l'on a de véritables marnes, ce qui se conçoit d'ailleurs facilement ; car ces dépôts lacustres argileux se sont formés dans des bassins calcaires.

Argilite.

Le nom d'argilite est habituellement donné à des roches argileuses qui contiennent des alcalis. Voici, d'après le Bureau d'essais de l'École des Mines, la composition de deux argilites de couleur verte qui, bien que très-riches en alcalis, se délayent dans l'eau à la manière de l'argile.

(1) *Geological Survey of Illinois*, t. I, p. 274.

A. Argilite verte, un peu pierreuse, en couches de quelques centimètres d'épaisseur, dans l'infralias des environs de Chatillon (Nièvre). Sa densité est seulement de 1,9.

B. Argilite verte, fragmentaire, en couches intercalées dans le calcaire blanc de l'infralias de Rieucros, près Mende (Lozère). Sa densité, déterminée, comme pour l'échantillon précédent, par M. Guyerdet, est de 2,2.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
A	58,00	20,0	4,00	0,66	2,33	3,80	2,33	8,33	99,45
B	55,00	21,30	5,30	traces	traces	9,30		9,00	99,90

Ces argilites vertes appartenant à l'infralias de la Nièvre et de la Lozère, paraissent avoir été rejetées de l'intérieur de la terre et avoir une origine geysérienne. Il est possible que leurs alcalis doivent être attribués à ce qu'elles proviennent de la décomposition souterraine de roches feldspathiques.

Schiste houiller.

Alais.—Un essai du schiste houiller d'Alais a donné à M. Mène :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	Eau et matières volatiles.	Somme.
58,77	25,64		2,00	7,72	98,78

Ce schiste est employé comme fondant pour les minerais à gangue calcaire de l'usine à fer de Tamaris.

Schiste argileux.

Comparant les diverses analyses de schistes argileux (*Thonschieffer*) qui ont été faites jusqu'à présent, G. Bischof (1), a donné les limites extrêmes entre lesquelles se trouvent comprises les principales substances qui entrent dans leur composition :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	Alcalis.
Maximum.	78,00	36,01	14,04		0,53	13,72	11,71	6,16	5,90	7,87
Minimum.	46,5	9,73	2,68		»	»	traces	0,2	traces	1,61

(1) *Lehrbuch der Chemischen und Physikalischen Geologie*, p. 106.

TUNNEL DES ALPES.—A la demande de M. Élie de Beaumont(1), M. Moissenet a fait l'analyse des schistes appartenant au terrain anthraxifère des Alpes, et provenant du tunnel du mont Cenis :

A. Schiste argileux à texture fibreuse, de couleur ardoisée ; pris dans le tunnel, à 282 mètres de Modane.
B. Schiste d'une couleur ardoisée brun noirâtre, luisant, doux au toucher, d'un éclat gras. La masse ne raye pas le verre, bien qu'elle contienne du quartz libre qui s'y trouve finement disséminé. Ce schiste a été pris environ à 4.716 mètres de Modane.

	Silice.	Al^2O^3	FeO	MgO	CaO	Eau et matières organiques.	Quartz disséminé.	Somme.
A	47,00	39,06	6,11	0,66	traces	6,88	»	99,65
B	32,57	26.10	4,89	0,66	traces	5 10	29,76	99,08

Schistes cristallins.

ETZLI. — M. Albrecht Müller (2) a publié les analyses de schistes cristallins qui se trouvent aux environs de la vallée de l'Etzli.

A. Schiste gris blanchâtre ayant fortement l'éclat nacré.
B. Schiste blanc verdâtre.

SiO^2	Al^2O^3	CaO	MgO	Fe^2O^3	Alcalis par différence.	Perte au feu.	Somme.
67,86	9,75	3,41	3,08	7,65	6,09	2,16	100,00
30,85	24,79	13,08	0,62	19,74	»	4,04	100,00

Roches silicatées non feldspathiques.

Serpentine.

GRISONS. — M. L. R. de Fellenberg (3) a donné la composition de la serpentine du Malenkerthal dans le canton des Grisons.

Densité	SiO^3	MgO	FeO	Al^2O^3	Cr^2O^3	NiO	HO	Somme.
2,99	41,72	42,15	7,96	3,19	0,48	0,25	5,55	101,30

(1) Elie de Beaumont : *Sur les roches qu'on a rencontrées dans le creusement du tunnel des Alpes occidentales entre Modane et Bardonnèche.* Paris, 1870 et 1871.
(2) *Verh. der naturf. Gesellschaft im Basel* ; IV, p. 559.
(3) *Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie für* 1867 ; 996.

VICTORIA. — Dans ses explorations géologiques de l'Etat de Victoria. M. Selwyn (1) a rapporté du mont Timbertop une serpentine vert foncé dont l'analyse a été faite par M. Cosmo Newbery :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	MgO	HO	Somme.
39,90	8,20		36,80	15,40	100,30

De même que dans les Vosges, cette serpentine est traversée par des veines de chrysotil.

Picrolite.

Parmi les substances minérales voisines de la serpentine, mentionnons la picrolite dont M. L. R. de Fellenberg (2), a encore analysé deux variétés; l'une vert pomme, à éclat cireux (A); l'autre blanc jaunâtre, sans éclat et légèrement translucide (B) :

	Densité.	SiO^3	Fe^2O^3	FeO	MgO	MnO	HO	Somme.
A	2,578	42,15	2,17	0,39	42,30	»	13,45	100,46
B	2,539	41,57	1,58	0,30	43,57	0,41	13,75	101,18

Muglalite.

M. de Tchihatcheff (3) a proposé le nom provisoire de *muglalite* pour une roche qui est développée aux environs de Mugla, en Asie Mineure.

Elle est compacte, à grain plus ou moins fin, résiste bien au marteau, mais se laisse facilement attaquer par les acides. Elle prend souvent un éclat luisant et la couleur verdâtre ou rouge. Quelquefois elle devient bulleuse et paraît ressembler à une scorie; souvent elle est associée à la serpentine.

Elle se compose d'ailleurs d'amphibole avec un silicate blanc, clivable, qui ne serait pas un feldspath? et en outre elle contient beaucoup de carbonate de chaux.

Grenatite.

La roche qui se trouve à l'embouchure de la rivière Achtaragda, dans la Sibérie Orientale, avait été considérée jusqu'à présent

(1) Ulrich : *Contributions to the Mineralogy of Victoria* 1870, p. 19.
(2) *Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie für* 1867, 996.
(3) *Asie-Mineure : Description physique de cette contrée*, IVᵉ partie, 220.

comme une serpentine; mais M. R. Hermann (1) a constaté que c'est une grenatite.

Il a analysé un échantillon (A) compacte, non transparent, gris de cendres, qui peut être considéré comme un mélange de 57,43 p. 100 de grenat avec 42,57 p. 100 de serpentine.

En outre M. Hermann a analysé des cristaux du minéral (B) que M. Breithaupt avait nommé *Achtaragdite*, et qui proviennent aussi de ce gisement. D'après leur composition, M. Hermann les considère comme formés de 70,23 p. 100 de grenat avec 28,71 p. 100 d'hydrate de magnésie (MgO, HO).

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	CO^2	MnO	HO	Somme.
A	2,66	41,09	9,75	8,88	0,06	16,10	17,92	»	traces	6,25	100,00
B	2,32	28,27	13,06	14,08	0,42	14,41	20,06	1,00	traces	8,64	99,94

Nous rappellerons à ce sujet qu'un grenat hydraté et très-riche en magnésie se trouve aussi dans la serpentine des Vosges (2).

Epidosite.

Aux environs de Talbot (État de Victoria), l'épidote est associée à du quartz et à de l'orthose rouge de chair; elle forme un filon qui traverse une syénite et le même fait s'observe quelquefois dans la syénite des Ballons des Vosges.

L'épidote constitue une véritable roche aux environs de Tarilta. Interposée entre un greenstone dioritique et le silurien inférieur; elle se compose d'épidote gris-jaunâtre, qui est mélangée intimement avec du quartz. Quelquefois elle contient des aiguilles d'hornblende noire et des cristaux d'albite. M. Ulrich (3) a fait l'analyse d'un échantillon (I) vert foncé, choisi avec soin et ayant une densité de 3,25, ainsi que d'un échantillon (II) renfermant du quartz :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
I	51,80	20,80	15,20	12,20	traces	traces	traces	»	100,00
II	59,62	17,56	5,60	14,65	traces	traces	traces	2,48	100,21

D'après ces analyses, I peut être considéré comme de l'épidote pure et II comme un mélange de 84 p. 100 d'épidote avec 16 p. 100 de quartz.

(1) *Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie für* 1867, 996. Bulletin de la société impériale des naturalistes de Moscou, 1867 ; 478.

(2) *Annales des Mines* [4] t. XVIII, p. 309.

(3) *Contributions to the Mineralogy of Victoria*, 1870, p. 18.

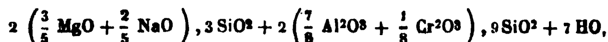
Selwynite.

Le silurien supérieur de la chaîne du mont Ida (État de Victoria) présente, d'après M. Ulrich, une masse irrégulière formée par une roche nouvelle à laquelle on a donné le nom de *Selwynite*, pour honorer l'un des géologues qui ont étudié l'Australie, M. Selwyn (1).

Cette roche est vraisemblablement en relation avec les nombreux dykes de diorite qui traversent ce pays. Jusqu'à présent on ne l'a trouvée que massive. Sa dureté est comprise entre 3 et 4; sa densité est égale à 2,53. Elle a l'éclat terreux et quelquefois cireux. Sa cassure est inégale et esquilleuse; sa couleur varie du vert émeraude au vert bleuâtre et peut offrir toutes les nuances du vert. Au chalumeau elle fond sur les bords en donnant un verre blanc grisâtre; avec le borax on obtient une perle vert émeraude. Les acides forts l'attaquent seulement d'une manière incomplète. Son analyse a été faite par M. Cosmo Newbery, qui a obtenu :

SiO^2	Al^2O^3	Cr^2O^3	MgO	NaO	HO	Somme.
48,42	34,72	6,94	2,11	2,03	4,83	99,05

La formule qui correspond à la selwynite serait



$$2\left(\frac{3}{5}\,MgO+\frac{2}{5}\,NaO\right),3\,SiO^2+2\left(\frac{7}{8}\,Al^2O^3+\frac{1}{8}\,Cr^2O^3\right),9\,SiO^2+7\,HO,$$

en sorte qu'on pourrait rapprocher cette roche des minéraux que M. Dana classe dans le groupe de la pinite; en particulier elle serait assez voisine de la gieseckite et de la dysyntribite.

M. Ulrich indique encore dans la selwynite un minéral qui la traverse en veines minces et qu'il regarde comme nouveau, la *tulcosite*. C'est un hydrosilicate d'alumine un peu lamelleux et ayant une couleur blanc d'argent. Par sa douceur au toucher et par l'absence d'élasticité dans ses lamelles, il rappelle entièrement le mica Damourite et le talc avec lequel on l'avait d'abord confondu. Sa densité est comprise entre 2,46 et 2,5; sa dureté entre 1,5 et 2. Avec la dissolution de cobalt, il donne au chalumeau une belle couleur bleue. M. Cosmo Newbery a obtenu pour sa composition :

SiO^2	Al^2O^3	NaO	HO	Somme.
49,07	46,96	traces	3,73	99,76

(1) *Contributions to the Mineralogy of Victoria*, 1870, p. 21.

Il propose de représenter la talcosite par la formule



$$5\,Al^2O^3,\ 9\,SiO^2 + 3\,HO.$$

Ainsi que l'a fait observer M. Dana, la pinite peut être considérée comme une serpentine alcaline et alumineuse, tandis que la pyrophyllite correspond à un talc alumineux : or, suivant M. Ulrich, il existe des relations analogues entre la selwynite et la talcosite ; de plus, la selwynite serait, pour lui, une sorte de serpentine chromo-alumineuse.

Roches feldspathiques plutoniques.

Pegmatite.

ITSATSOU. — Vers la limite du granite et du terrain de transition, M. Gindre a trouvé à Itsatsou, dans les Basses-Pyrénées, une pegmatite qu'il exploite pour la fabrication de la porcelaine et pour en faire un engrais à base de potasse,

Cette pegmatite présente les caractères ordinaires. Son quartz est gris. Son orthose est blanc ou blanchâtre ; il forme quelquefois de gros rognons, mamelonnés, à structure globuleuse, qui montrent des cercles très-réguliers dans le plan du clivage le plus facile. Il y a aussi de grandes lames de mica blanc argenté, ainsi que du mica brun tombac. La tourmaline, si habituelle dans la pegmatite, ne se rencontre que rarement à Itsatsou. Un peu d'oxyde de manganèse remplit accidentellement les interstices de cette roche, lorsqu'elle est décomposée.

Granite.

VAL DI MAGRA. — M. Cocchi (1) signale l'existence du granite en Italie, dans une partie des Alpes-Apuennes, où il n'avait pas encore été observé ; c'est dans les vallées de Penoco et dell' Osca, qui se relient à la vallée de la Magra.

Le granite qui s'y montre en plusieurs endroits rapprochés se présente tantôt compacte, formé d'orthose, de quartz souvent rosé et de mica noir, parfaitement cristallisé ; tantôt se désagrégeant facilement à cause de l'abondance du mica, ou prenant l'aspect d'un porphyre par suite de l'état amorphe du feldspath et de la rareté du mica.

Des masses de serpentines diallagiques se trouvent souvent à

(1) *Comitato geologico Italiano* (Extrait par M. Caillaux).

son contact, de manière à présenter une singulière association de granite et de serpentine, sans que leurs éléments se mélangent ou se confondent.

Ces deux roches paraissent avoir disloqué les couches éocènes qui les entourent; mais les observations de M. Cocchi le porteraient à penser que, dans ces gisements, la serpentine est plus ancienne que le granite.

STRIEGAU. — Une étude minéralogique et chimique du granite de Striegau, a été faite par M. Ewald Becker (1). Ce granite est remarquable par la variété des minéraux qui ont cristallisé dans ses druses: en effet, on y observe la chaux fluatée, la tourmaline, l'émeraude, l'épidote, l'albite, l'orthite, le mica à base de lithine, la pennine, la chlorite, le fer oligiste, la chabasie, la stilbite, la desmine, la chaux carbonatée qui est postérieure aux zéolithes, et la psilomélane.

M. Becker décrit en outre une substance nouvelle la *Strigowite* qui forme un agrégat de petites lamelles, sur les parois des druses. Sa couleur est vert noirâtre ou vert brunâtre par altération. Sa rayure est verte. Dureté = 1. Poids spécifique = 2,788. Elle s'attaque par l'acide chlorhydrique en laissant de la silice pulvérulente. Son analyse a donné :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2Fe^3	FeO	MgO	CaO	HO	Somme.
32,62	16,66	16,04	16,74	3,16	2,02	12,37	99,61

La Strigowite a pour formule :



$$3R^2O^3, 2SiO^2 + 4(RO, SiO^2) + 8HO.$$

Elle paraît se rapprocher du Ripidolite et de la Delessite, minéraux desquels elle diffère cependant par la présence de la chaux et par une proportion très-faible de magnésie.

Granite amphibolique.

Le granite amphibolique de Bergsbrunna, près d'Upsal, contient de la préhnite, comme l'a constaté une analyse de M. C. W. Paykull (2); c'est un gisement assez exceptionnel pour cette zéolithe.

(1) *Neues Jahrbuch*, 1869, p. 236.
(2) *Jahresbericht der Chemie* : 1867 ; 994.

Syénite.

Jusqu'à présent la silice qui entre dans la constitution de la syénite avait seulement été observée à l'état de quartz; mais M. le docteur K. A. Fredholm (1) a reconnu qu'elle peut aussi se trouver à l'état de silex. En effet, la syénite zirconienne de la Norwége contient quelquefois des fragments de silex gris-noirâtre, compacte, devenant caverneux près des bords. Ce silex, examiné également par M. Des Cloiseaux, est intercalé dans une syénite à grandes lamelles d'orthose et d'amphibole.

Sa présence est surtout intéressante à signaler au point de vue de l'origine de la syénite; car, on sait que le silex contient de l'eau et un peu de matières organiques.

Eurite.

BERGSTRASSE. — Une eurite de Dossenheim (Bergstrasse) a été analysée par M. Tribolet (2):

SiO^2	Al^2O^3	FeO^3	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
77,92	10,00	2,69	0,76	0,36	5,20	1,13	1,85	99,21

Porphyrite.

TYROL MÉRIDIONAL. — Au pied du Monzoni et vers le milieu de la vallée San Pellegrino, M. G. Tschermak (3) indique une porphyrite grise avec quartz. Dans sa pâte qui est assez rare, on distingue encore des lamelles d'anorthose, ainsi que du mica noir ferro-magnésien. Sa densité est 2,737. M. S. Konya, qui a fait son analyse, a obtenu :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
66,75	16,53	2,76	1,66	4,21	2,64	1,82	2,36	2,12	101,85

On voit que la proportion de silice et de potasse est moindre que dans le porphyre quartzifère proprement dit, et de plus le feldspath est de l'anorthose. Aussi cette roche doit-elle être considérée comme une porphyrite. M. C. Tschermak observe que, par sa

(1) Lettre à M. Des Cloizeaux.
(2) *Geologische Skitze des Grossherzogthums Hessen*, par R. Ludwig, 1867 ; 2.
(3) *Die Porphyrgestein Osterreichs*, von Dr Gustave Tschermak : 1869, 109.

composition minéralogique, elle se rapproche beaucoup de la tonalite analysée par M. G. vom Rath et même de l'andésite quartzifère de la vallée d'Illowa. Toutefois, ces trois roches diffèrent par leur texture et par leur âge.

Un porphyre quartzifère de la vallée Travignolo, qui a été analysé par M. Th. Scheerer, offre par sa composition un passage entre le porphyre et la porphyrite.

Mélaphyre.

Spiemont.—Les mélaphyres du Spiemont près de Saint-Wendel ont été étudiés par M. B. Kosmann (1), qui en distingue deux variétés.

A présente une couleur brun verdâtre foncée et une structure grenue très-fine. Au microscope, on y distingue une pâte feldspathique dans laquelle se sont développés des cristaux de feldspath, et un minéral chloritique se montre dans la forme de l'augite; il y a de plus des grains de quartz, des aiguilles de gypse et des cellules qui sont en partie remplies par un liquide.

B est noir bleuâtre, compacte, à structure indiscernable et forme un filon. En l'examinant au microscope, on reconnaît cependant que, de même que la variété précédente, il renferme des lamelles de feldspath et d'un minéral chloritique que M. Kosmann regarde comme de la Deleseite.

	SiO^2	TiO^2	Al^2O^3	FeO (1)	FeO (2)	MnO	Fer oxydulé.	CaO	MgO	KO	NaO	SO^3	CO^2	HO	Somme.
A	51,62	0,96	20,44	0,49	4,70	»	1,18	1,39	4,38	4,22	[illegible],81	0,86	0,03	3,91	100,04
B	53,77	2,30	18,91	6,98	»	0,09	»	3,42	3,22	1,95	3,63	»	1,01	3,82	99,10

(1) Dans le fer titané. (2) Dans la chlorite.

Suivant M. Kosmann, la composition minéralogique de ces deux mélaphyres pourrait s'exprimer ainsi :

	Minéral chloritique.	Feldspath et pâte.	Fer oxydulé et fer titané.	Chaux carbonatée.	Magnésie carbonatée.	Gypse.
A	20,45	74,87	2,53	»	0,21	1,88
B	31,33	61,27	4,37	2,13	»	»

Le mélaphyre A, qui est le plus ancien, paraît être à base d'andésine : le mélaphyre B serait au contraire à base d'oligoclase. Il se distingue surtout du précédent par une teneur plus grande en silice, en acide titanique et en chaux.

(1) *Neues Jahrbuch*, 1869, p. 374.

Grunstein.

SCHNEEBERG. — Dans les mines de cobalt de Schneeberg, on trouve des grunsteins qui offrent tous les intermédiaires entre la diorite et le schiste. De plus ils sont parallèles à l'orientation des schistes.

MM. Michel Lévy et Choulette (1) ont fait l'essai d'un de ces grunsteins contenant du grenat et de l'épidote ainsi que du mispickel, de la blende et de la galène.

SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	Alcalis et perte par différence	Somme.
40,60	22,90	12,60	20,66	3,24	100,00

Dans cet essai, la magnésie et l'eau n'ont pas été dosées.

Euphotide.

Le gabbro traversé par le tunnel du chemin de fer à Norheim, près de Münster, contient des veines épaisses de prehnite verdâtre, rayonnée et concentrique qui est associée à de l'analcime et à de la chaux carbonatée. D'après M. H. Laspeyres (2), cette prehnite a pour formule :

$$2(CaO,SiO^2) + Al^2O^3,SiO^2 + HO.$$



Préhnitoïde.

Près de la mine du Monte Catini dans le val Cecina, M. E. Becchi (3) a observé une roche qui est caractérisée par la présence de la prehnite et à laquelle il donne, pour ce motif, le nom de *Prehnitoïde*.

Elle est blanchâtre et dans quelques points vert pâle. Son apparence n'est pas cristalline, excepté dans les parties où elle contient des lamelles de chaux carbonatée.

M. Becchi a obtenu les résultats suivants pour l'analyse de la prehnite (I) et de la roche qui la renferme, préalablement traitée par l'acide chlorhydrique (II) :

(1) *Annales des Mines*, 6e série, t. XVIII, p. 251.
(2) *Jahresbericht der hemie*; 1867, 994.
(3) *Comitato Geologico d'Italia. Bulletins* n° 2 : 1870, 66.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	NaO,KO MgO	MgO	Oxyde de fer et de manganèse.	KO,NaO	HO	Somme.
I	2,919	43,8	23,9	»	24,6	»	1,7	0,7	3,8	0,3	98,8
II	2,790	43,0	30,3	1,8	21,0	0,9	»	»	»	3,0	100,0

Cette roche forme des veines dans les amas de gabbro auxquels elle est associée. On sait d'ailleurs que la prehnite est une zéolithe qui se rencontre dans le gabbro ainsi que dans la diorite et dans le trapp.

Roches feldspathiques volcaniques.

Rétinite.

Bavière.— M. Gümbel (1) a donné la composition d'un rétinite de Kornberg près Erbendorf dans la forêt de Bavière.

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3,FeO	MgO	CaO	NaO	KO	HO	Somme.
67,90	14,20	6,48	traces	2,57	3,79	0,86	4,90	100,90

Ce rétinite est gris noirâtre, contient de l'orthose, de l'anorthose, du quartz et du fer oxydulé. De même que celui de la Saxe qui est si connu, il est associé à du porphyre euritique.

Perlite.

Saint-Paul. —M. C. de Hauer a analysé le perlite gris-verdâtre se trouvant dans des tufs rhyolithiques de la baie du Pingouin à l'île Saint-Paul. Cette roche, dont la densité est 2,355. avait été rapportée par M. de Hochstetter dans son voyage de circumnavigation (2).

SiO^2	Al^2O^3	FeO	MnO	MgO	CaO	NaO	KO	HO	Somme.
67,53	12,50	4,98	0,19	0,12	2,15	1,18	2,98	7,82	99,45

(1) *Geogn. Beschreibung der ostbayer. Grenzgebirges.* Gotha, 1868.
(2) J. Roth. *Beiträge zur Petrographie der plutonischen Gesteine.* Berlin, 1869. — Voir aussi *Revue de géologie*, t. VI, p. 95.

Liparite.

Ries. — Les roches volcaniques du bassin formant la région naturelle qu'on appelle le *Ries* viennent d'être étudiées de nouveau par M. Gümbel (1). Elles se composent surtout de tuffs; toutefois on n'observe dans le pays, ni cônes d'éruptions, ni cratères, et il n'y a pas non plus des coulées de laves.

La roche la plus intéressante est celle de Wenneberg, qui a été considérée tantôt comme du basalte, tantôt comme du trass compacte (A). Analysée d'abord par le professeur Schafhaütl, elle l'a été de nouveau par M. Röthe. Elle forme des filons dans une sorte de gneiss et on l'exploite à Nördlingen pour en fabriquer des pavés. Cette roche a une couleur noire, nuancée de gris; elle est dure, pierreuse, à grain très-fin. On y distingue du quartz et du mica brun. Quelques cristaux paraissent être du feldspath orthose qui, dans certains cas, est décomposé. Il y a aussi de la chaux carbonatée provenant peut-être des infiltrations d'un calcaire lacustre; de plus elle contient vraisemblablement des zéolithes, de l'hornblende, de l'apatite.

M. Gümbel a analysé avec M. le docteur Loretz, une bombe volcanique pierreuse qui provenait de la montagne Schmähing (B).

Enfin le tuf volcanique du Ries, qui est employé comme pouzzolane pour les constructions hydrauliques, a encore été analysé par M. Röthe (C).

	SiO^2	TiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu	Somme.
A	64,21	»	15,88	2,69	1,21	3,91	2,24	3,90	1,99	3,47	99,50
B	66,69	0,89	15,70	5,39	»	3,97	1,88	1,13	4,47	4,47	»
C.	63,25	»	13,77	3,59	»	3,13	1,68	3,72	0,20	0,20	100,19

De l'ensemble de ces recherches, M. Gümbel conclut d'abord que la roche de Wenneberg (A) appartient à la variété du trachyte nommée Liparite.

Les bombes pierreuses du Ries (B) s'en rapprochent beaucoup par leur composition.

Quant au tuf volcanique du Ries (C), les analyses des professeurs Schafhaütl et Röthe apprennent qu'il se distingue par une grande teneur en silice, aussi bien qu'en alumine et en potasse.

Les cendres volcaniques des volcans brûlants n'ont guère que la

(1) *Die Riesvulkan und über vulkanische Erscheinungen in Rieskessel.* — Voir aussi *Revue de géologie*, t. III, p. 130.

à 59 p. 100 de silice et la soude en est l'alcali dominant, de même que dans la pouzzolane. D'un autre côté, les tufs de palagonite et de basalte renferment à peine 50 p. 100 de silice, et le trass associé au tuf du Ries ne contient que 49 à 57 p. 100 de silice avec beaucoup d'eau. D'après cela, M. Gümbel pense que le tuf du Ries est en relation intime avec les éruptions trachytiques qui ont produit la roche de Wenneberg et que c'est une sorte de tuf de Rhyolithe (1). La structure de séparation que présentent les parties vitreuses des scories rappelle du reste celle du rétinite et du perlite.

Dacite.

A Bujukliman et dans le voisinage du Bosphore, M. von Andrian (2) a observé une roche qui est en filons et qui paraît se rapporter à la dacite (Propylite).

Elle présente une pâte gris verdâtre, dans laquelle on voit de l'anorthose avec des aiguilles vert foncé d'hornblende, et en outre beaucoup de grains de quartz. Peut-être renferme-t-elle aussi un peu de sanidine. Son analyse a donné à M. Ch. de Haüer :

SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
63,87	15,76	5,43	3,66	1,06	3,33	2,59	2,05	98,75

D'après sa teneur en silice, cette roche est très-voisine des dacites de Kisbánya et d'Offenbánya ; elle ressemble surtout à la roche de Prevali qui a été analysée par M. Tschermak.

Andésite pyroxénique.

M. von Andrian (3) a décrit des andésites pyroxéniques noires qui se trouvent aux îles Cyanées, à Kilia et sur la côte européenne du Bosphore dans la Mer Noire.

Elles sont accompagnées de brèches éruptives, analogues à celles qui jouent un rôle si important dans les formations trachytiques de la Hongrie. Des carbonates de chaux, de magnésie et de fer imprègnent quelquefois ces brèches. Une variété d'andésite des îles Cyanées, qui est vitreuse et grenue, contient du feldspath (I) analysé par M. Ch. de Haüer, ainsi que la roche elle-même (II) :

(1) *Revue de géologie*, t. VI, p. 88.
(2) *K. K. geologisches Reichsanstalt*, 1870, n° 2.
(3) *K. K. Geologisches Reichs Anstalt*, 1870, n° 2. *Geologische Studien aus dem Orient.*

	Densité	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
I	2,624	55,12	28,15 (1)	»	»	9,87	traces	1,41	3,95	3,86 (2)	»
II	2,578	59,88	16,21	5,58	1,68	»	2,23	0,98	3,86	2,05	99,99

(1) Avec un peu d'oxyde de fer.
(2) Eau, acides carbonique et chlorhydrique, sel ammoniac.

Relativement à ces analyses, M. von Andrian observe que la silice de la roche est notablement supérieure à celle de son feldspath. On peut s'étonner d'ailleurs que cette roche ne contienne pas de chaux, tandis que son feldspath en renferme plus de 9 p. 100.

Une autre variété d'andésite pyroxénique brêchiforme, provenant aussi des îles Cyanées, a une densité de 2,707 ; son analyse a été faite également par M. Ch. de Hauer :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
55,21	16,48	9,44	3,30	traces	8,00	0,99	0,71	2,68	3,09	99,90

D'après M. von Andrian, voici maintenant quel serait l'ordre de succession des diverses roches volcaniques du Bosphore, en commençant par les plus anciennes :

1. Andésite noire ou pyroxénique (Cyanées).
2. Andésite verte.
3. Dacite (Bujukliman).
4. Andésite plus récente.

Dolérite.

Gravenoire. — La lave de Gravenoire a été étudiée par M. A. de Lasaulx (1). On sait que cette lave présente plusieurs variétés que l'on peut facilement distinguer dans les coulées de Royat, dont l'épaisseur atteint jusqu'à 30 mètres.

La variété dominante (A) est noire, à éclat mat, à structure poreuse ; elle contient souvent une zéolithe qui y forme de petits points blancs. Du reste, on y distingue de l'augite, du péridot, du fer oxydulé, ainsi que des cristaux microscopiques d'apatite et de mésotype. Des lamelles de fer spéculaire tapissent quelquefois ses fissures. L'examen au microscope de plaques polies y montre bien la structure appelée fluide par M. Vogelsang.

Une deuxième variété (B) de la lave de Gravenoire est gris bleuâtre, plus dense

(1) *Neues Jahrbuch*, 1869, p. 641.

et plus dure que la précédente. Son éclat est semi-métallique. De nombreuses cellules la traversent, et l'on distingue dans sa pâte des cristaux de labrador, d'augite et de fer oxydulé. Elle a été rejetée dans l'une des premières éruptions du volcan de Gravenoire et elle forme une épaisse coulée dans le fond même de la vallée de Royat.

Une troisième variété (C) présente une pâte gris clair parsemée de taches blanches; elle se désagrége facilement et donne des globules de différentes grosseurs. Avec l'acide, elle fait effervescence. Suivant M. de Lasaulx, elle proviendrait d'une décomposition de A, conclusion qu'il nous semble, du reste, bien difficile d'admettre.

	Densité.	SiO^3	Al^2O^3	FeO	Mn^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	CO^2	PO^5	HO	Somme.
A	2,49	49,57	19,77	11,36	»	10,71	4,31	1,28	2,26	»	»	0,56	99,82
B	2,79	48,57	19,47	13,53	0,76	10,86	4,25	0,82	1,33	»	»	0,48	100,07
C	2,45	45,34	22,67	10,19	»	11,31	3,92	2,28		1,32	0,86	2,50	100,39

Le calcul des quotients d'oxygène donne 0,654 pour A; 0,674 pour B; 0,702 pour C.

La composition de la lave de Gravenoire est à peu près celle de la roche pyroxénique normale de Bunsen. On peut observer aussi qu'elle se rapproche surtout de la lave doléritique de l'Etna et en particulier de la coulée de Catane en 1669 (Roth: Gest. Analysen; Dolerit, nº 12).

En résumé, M. de Lasaulx considère toutes les variétés de la lave de Gravenoire comme des dolérites qui présentent peu de différences pétrographiques, soit entre elles, soit même avec les basaltes du voisinage.

MEISSNER. — M. A. Er. Moesta (1) a donné la composition de la dolérite bien connue du Meissner dans la Hesse.

A. Dolérite type, présentant un agrégat à grain grossier de labrador et d'augite; prise à Brunshobl, sur le flanc occidental du plateau du Meissner.

B. Dolérite à grain fin, du flanc sud du Plateau.

	Densité,	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	NaO	KO	HO	Somme.
A	2,852	54,39	10,09	7,07	5,79	8,89	6,49	4,16	2,17	0,57	99,62
B	2,934	50,36	12,13	6,83	6,19	10,32	9,80	2,60	2,17	0,95	101,35

(1) *Neues Jahrbuch*, 1869, p. 241.

Basalte.

MEISSNER. — Quatre variétés du basalte du Meissner ont en outre été analysées par M. Moesta (1) :

A. Basalte pris à la profondeur de 150 mètres dans la masse traversée par la galerie Frédéric.
B. Basalte tacheté du Schwalbenthal.
C. Basalte type, riche en péridot ; du Kitz-Kammer.
D. Basalte contenant des zéolithes ; du Kalbe.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	NaO	KO	HO	Somme.
A	2,941	49,14	13,79	7,54	6,52	9,75	8,20	4,33	2,07	0.19	101,53
B	3,023	48,22	13,11	7,26	6,64	10,33	8,50	4,40	2,07	0,91	101,41
C	2,896	48,28	13,56	6,35	6,70	11,44	8,70	1,11	2,84	1,51	100,49
D	2,901	46,91	14,14	7,98	5,69	11,29	8,51	3,00	1,62	1,94	101,08

Il est particulièrement intéressant de comparer la composition du basalte du Meissner avec celle de la dolérite provenant de ce gisement classique. On voit alors que ce basalte contient moins de silice et d'alcalis que la dolérite, tandis qu'il renferme [illegible] et plus d'alumine.

D'un autre côté, M. Moesta a constaté, par l'étude géologique du Meissner, que la dolérite a fait éruption après le basalte.

ROSSDORF. — MM. Th. Petersen et Senfter (2) ont étudié un minéral nouveau qui se trouve dans le basalte de Rossdorf, près de Darmstadt ; ils le nomment *Hydrotachylite*, à cause de l'analogie de sa composition avec la tachylite.

L'hydrotachylite forme des nids ou des globules dans le basalte de Rossdorf. Sa couleur est vert-bouteille ou noire, quelquefois aussi brunâtre. Elle a un éclat gras et une cassure conchoïde. Sa dureté est égale à 3,5 et sa densité à 2,130. Elle fond au chalumeau et, attaquée par l'acide chlorhydrique, elle laisse de la silice pulvérulente. Voici sa composition moyenne :

SiO^2	TiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
47,52	1,13	17,35	4,36	3,05	0,26	1,85	4,07	4,63	2,38	12,90	99,80

(1) *Neues Jahrbuch*, 1869, p. 241.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1869, p. 34.

L'hydrotachylite est un bisilicate hydraté qui se laisse représenter par la formule



$$2R^2O^3, 3SiO^2 + 3(RO, SiO^2) + 8HO.$$

Comme l'observe M. Petersen, la tachylite, l'hyalomelane, la sideromelane, qui se trouvent dans des gisements analogues à celui de l'hydrotachylite, ont l'éclat vitreux de l'obsidienne et sont plus durs et plus denses que cette dernière substance.

— Le basalte gris bleuâtre de Rossdorf, dans lequel on rencontre l'hydrotachylite, a d'ailleurs été analysé par MM. Petersen et Senfter :

Densité.	CO^2	PO^5	SiO^2	TiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	KO	Somme.
3,043	0,17	1,32	40,53	1,80	14,89	1,02	11,07	0,16	14,62	8,02	1,95	2,87	1,44	99,86

Ce basalte contient encore des traces d'oxyde de chrome, de chlore, de fluor, de soufre et des traces faibles d'oxyde de nickel et de cobalt, ainsi que de baryte.

Dans la picotite d'une roche avec péridot de Dun (Nouvelle-Zélande), M. Petersen a constaté également la présence du cobalt et du nickel.

La composition moyenne du basalte de Rossdorf peut se représenter de la manière suivante :

Anorthose.	Augite.	Péridot.	Fer titané magnétique	Apatite.	Carbonate de chaux.	Somme.
46,36	27,40	17,60	4,86	3,22	0,40	100,00

Sélagite.

Paolo Savi a donné le nom de *sélagite* à une roche qui avait aussi été appelée *lava limacciosa micacea*. On l'observe sur trois points de la Toscane, à Orciatico, à Santa Fiora et au val Cecina. où elle a fait éruption au milieu du terrain miocène.

Elle est bien compacte; de plus sa dureté et sa résistance aux agents atmosphériques la rendent très-propre à la construction des monuments. Sa densité est 2,593. Indépendamment du mica qui est abondant, on y rencontre accidentellement des lamelles de chaux carbonatée, du fer carbonaté et de la pyrite de cuivre.

M. E. Becchi (1) a fait l'analyse du mica (I) de la sélagite, et en outre celle de la pâte brun-noirâtre (II) de cette roche :

	Densité.	SiO^2	Fe^2O^3	FeO	Al^2O^3	CaO	MgO	KO	Soude avec traces de potasse et d'acide phosphorique.	Fl	HO	Somme.
I	3,15	40,8	21,0	»	21,1	5,6	0,5	5,9	»	0,8	3,5	100,2
II	2,00	44,5	»	37,3	1,7	14,0	1,4	»	1,1	»	».	100,0

Trapp.

New-Jersey. — M. George H. Cook (2) a fait connaître la composition du trapp du New-Jersey qui est intercalé dans le terrain triasique et contient souvent du cuivre.

I. Trapp vert grisâtre, tendre, doux au toucher comme la stéatite, et d'une composition voisine de celle de la pyrophyllite ; du tunnel du chemin de fer de l'Érié, Bergen Hill.
II. Trapp noir brunâtre ; en dyke, au moulin Blackwell.
III. Trapp vert olive foncé, de structure homogène et un peu tendre ; de Liberty Corner, comté Somerset.

	Densité.	SiO^2	FeO	Al^2O^3	MgO	CaO	NaO	KO	HO	SO^3	CO^2	Somme.
I	2,62	50,0	5,1	23,7	4,2	6,5	4.4	1.7	3,4	0,4	1,3	100,7
II	2,96	50,4	12,5	15,8	6,0	11,2	1,1	0,7	2,7	»	»	100,4
III	2,36	36,3	8,1	10,4	6,8	12,3	3,1	0,6	9,2	»	13,1	99,9

Parmi ces trapps, celui du comté Somerset est remarquable par une grande quantité d'eau et de carbonates ; c'est du reste une particularité qui se présente quelquefois dans les trapps.

Ophite.

Basses-Pyrénées. — L'ophite est très-bien caractérisé dans les Basses-Pyrénées, et nous allons décrire quelques gisements dans lesquels nous avons eu l'occasion de l'étudier.

— A Anglet, près Bayonne, on exploite un ophite vert-noirâtre, grenu et très-tenace qu'on regarde comme le meilleur pour le chargement des routes. Vers la partie supérieure de la carrière,

(1) *Comitato Geologico d'Italia*. Bolletino n° 2 ; 1870, 65.
(2) *Geology of New-Jersey*, p. 214.

Il se décompose par l'action de l'atmosphère et des eaux qui s'infiltrent le long de ses fissures. Sa structure intime est alors bien mise en évidence; on voit qu'elle est à la fois globaire et réticulée, comme celle du retinite (1). Les sphéroïdes d'ophite présentent des zones bien concentriques dans lesquelles la décomposition s'atténue en allant de la circonférence vers le centre; dans ce centre il reste souvent un noyau parfaitement intact.

Le kaolin de l'ophite d'Anglet est généralement brunâtre; cependant dans certaines parties de la carrière, qui sont bien distinctes des autres et qui correspondent à une variété de la roche très-pauvre en fer, il devient tout à fait blanc.

— A Villefranque, sur les bords de la Nive, il existe aussi une belle carrière d'ophite. La roche qu'on y exploite également pour l'empierrement des chaussées présente une couleur, tantôt vert grisâtre, tantôt vert noirâtre. Elle est caractérisée par une grande abondance d'épidote vert pistache. Cette épidote tapisse des fissures ou bien forme des ganglions qui se fondent intimement dans la pâte, comme on l'observe dans le porphyre de Quenast en Belgique; elle a donc cristallisé au moment de la solidification de l'ophite et même lorsqu'il était encore pâteux. La carrière de Villefranque se distingue surtout par l'abondance de l'asbeste; cette dernière substance y est blanc verdâtre et en fibres soyeuses très-allongées; elle occupe la partie médiane des filons d'épidote, et elle est disposée transversalement à leurs cristaux, c'est-à-dire dans le sens même de ces filons.

— Plusieurs gîtes d'ophite s'observent encore au sud d'Ascain. Le plus remarquable se trouve vers la cascade, et sur le flanc de la Rhune. Dans cet endroit un ophite a fait éruption au milieu d'un grès rouge triasique ou permien. Dur et très-compacte à sa partie inférieure, il se divise en gros sphéroïdes dans sa partie moyenne, tandis qu'à sa partie supérieure il passe à un spilite. Alors il contient des amandes qui sont remplies de terre verte et de chaux carbonatée; il est surtout traversé par des veines jaunes très-nombreuses de fer spathique. On y observe aussi du fer oligiste et de l'hématite brune caverneuse.

Le spilite qui est poreux et pénétré par les eaux atmosphériques, se décompose facilement et passe même à l'état argileux.

Ces différences dans les caractères minéralogiques de l'ophite de

(1) Delesse : *Recherches sur les roches globuleuses.*

la cascade d'Ascain doivent être attribuées à une sorte de départ qui s'est opéré au moment de son éruption. Comme pour les autres roches éruptives, et en particulier comme pour les laves, sa partie supérieure est du reste beaucoup plus légère et plus poreuse que sa partie inférieure.

Amphigénite.

VÉSUVE. — M. le professeur C. W. C. Fuchs (1) a continué ses études sur les laves du Vésuve. En résumant les nombreuses analyses de ces laves qui ont été faites par MM. Rammelsberg, Abich, Ch. Sainte-Claire Deville et par d'autres savants, il donne le *maximum*, le *minimum* ainsi que la moyenne des éléments principaux qui les composent. Au-dessous de chaque maximum et de chaque minimum, le tableau suivant indique de plus les années correspondantes, c'est-à-dire celles pendant lesquelles les éruptions ont eu lieu :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3, FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Quotient d'oxygène.
Maxima. . .	50,17	22,95	14,01	11,54	6,01	7,27	5,10	0,773
Années. . . .	1760	1731	1767	1861	1861	1754	1036	1848
Minima. . .	46,41	16,16	7,87	7,23	2,26	3,25	1,48	0,628
Années. . . .	1631	1754	1731	1779	1760	1866	1861	1834
Moyenne.	48,29	19,55	10,94	9,38	4,13	5,26	3,29	0,701

La composition moyenne des laves du Vésuve, telle qu'elle résulte de l'ensemble des analyses, et pour la période comprise depuis l'année 1036 jusqu'à nos jours, est à peu près celle des laves rejetées en 1737, ainsi qu'en 1786, 1806, 1779 et en 1036.

Leur densité varie de 2,70 à 2,87.

Le quotient d'oxygène a pour maximum 0,773 et pour minimum 0,628; celui de la moyenne étant 0,701.

Si la composition chimique des laves du Vésuve est simple et reste presque toujours la même, leur composition minéralogique est au contraire assez variée. Elles appartiennent aux laves que M. Fuchs nomme basaltiques. Leurs minéraux essentiels sont l'amphigène, l'augite, le fer oxydulé ; mais on y reconnaît aussi des minéraux accessoires, qui sont : le péridot, le mica ferromagnésien, l'hornblende et le grenat mélanite indiqués par

(1) *Neues Jahrbuch*, 1869, p. 171. — Voir aussi *Revue de géologie*, t. IV, p. 101

M. Scacchi, la népheline, dont l'existence a été bien constatée par M. Rammelsberg, la sodalite, l'orthose sanidine, l'apatite et l'Haüyne, observée d'abord par M. Zirkel.

En résumé, dit M. Fuchs, les laves du Vésuve ont une composition minéralogique beaucoup plus complexe qu'on ne le croyait jusqu'à présent; car, la masse de la plus grande partie de ces laves est formée par sept ou huit minéraux, auxquels on peut encore en ajouter cinq autres qui n'ont été rencontrés que dans les produits de certaines éruptions.

Leur composition chimique reste la même depuis les temps historiques.

Toutefois, on peut se demander si la lave originaire nous est connue bien réellement; car on conçoit qu'avant de se solidifier, elle a dû être plus ou moins modifiée par des actions chimiques.

Suivant M. Fuchs, les gros cristaux d'amphigène et d'augite contenus dans les laves du Vésuve seraient antérieurs à leur coulée, et ils auraient été modifiés par la chaleur qu'elles dégageaient lorsqu'elles étaient incandescentes.

Quant aux cristaux microscopiques qui sont dans la pâte des laves, ils ont pris naissance dans la dernière période de la consolidation.

En tout cas, au moment où les laves ont été rejetées par le volcan, leur température n'était plus assez élevée pour fondre l'amphigène.

Enfin M. Fuchs ne pense pas qu'il y ait un ordre déterminé dans la formation des différents minéraux des laves, puisqu'un même minéral semble avoir cristallisé dans différentes périodes. Cependant l'amphigène n'a pas cristallisé aussi tard que les autres minéraux : en effet, on ne trouve jamais l'amphigène dans les druses, dans les cellules ou dans les fissures comme la népheline, la sodalite ou bien comme l'augite et le feldspath. Ces derniers minéraux ont visiblement continué à se former, même après que la lave était déjà en partie consolidée.

On constate au microscope que l'amphigène peut être enveloppé par l'augite et réciproquement. D'un autre côté, l'amphigène enveloppe la népheline qu'on retrouve aussi dans les fissures de la lave. D'après cela, il ne paraît pas qu'il existe un ordre constant dans la succession des minéraux qui constituent les laves du Vésuve.

Roches volcaniques clastiques.

Tuf trachytique.

TRANSYLVANIE. — Divers tufs trachytiques de Transylvanie ont été analysés par M. Madelung (1).

A. Tuf trachytique dit *Palla*, d'un vert vif, terreux et très-poreux, entre Doboka et Dees.

B. Tuf vert clair ou jaune grisâtre, bien stratifié, se trouvant au-dessous du précédent.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	MgO	CaO	NaO, KO	HO	Somme.
A	69,3	6,8	2,4	2,7	3,5	4,2	11,1	100,0
B	63,8	13,0	2,9	2,4	2,3	1,2	14,9	100,5

Tuf ponceux et rhyolitique.

TRANSYLVANIE.— M. Alpern a analysé une sorte de tuf ponceux (A) de Fogarasch en Transylvanie. et M. Madelung un tuf rhyolitique (B) avec grains de quartz, pris entre Doboka et Dees, dans le même pays (2).

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	MgO	CaO	NaO, KO	HO	Somme.
A	67,75	18,6	traces	0,50	9,00	»	4,15	100,0
B	68,8	11,2	1,7	2,1	2,3	4,0	9,9	100,0

Nous observerons qu'il est assez peu vraisemblable que le tuf A, qui est riche en silice, ne contienne pas d'alcalis, ni même qu'il renferme une aussi grande quantité de chaux, en l'absence de carbonate.

Tuf palagonitique.

TÉNÉRIFE. — Dans la description géologique de l'île Ténérife, MM. von Fritsch et Reiss donnent l'analyse d'une palagonite, formant, à Risco de la Guadelupe, un tuf brun foncé dans lequel on distingue un peu de péridot décomposé et de l'augite assez bien

(1) J. Roth : *Beiträge zur Petrographie der plutonischen Gesteine*, 1869. — *Fr. v. Hauer et G. Stache Geol. Siebenbürgens*, 593.
(2) J. Roth : *Beiträge zur Petrographie der plutonischen Gesteine*.

conservé. Le résidu de l'attaque de ce tuf est de 6,79 p. 100, et la composition de sa palagonite serait d'après M. Gehrke (1):

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	MnO	MgO	CaO	NaO	HO	Somme.
38,05	5,32	31,59	traces	1,84	6,04	2,53	14,63	100,0

Tuf volcanique.

M. Bleicher (2), en explorant le Kayserstuhl, a trouvé intercalé dans le massif de dolérite qui constitue la masse principale de cette montagne, à quelques mètres au-dessus du niveau du Rhin, une couche de tuf volcanique renfermant de nombreux débris de végétaux, d'ailleurs indéterminables.

Lave d'eau.

Les laves d'eau ou de boue qui sont rejetées dans les éruptions volcaniques, donnent lieu à la formation de tufs dont on doit l'analyse à M. le professeur Wöhler (3). L'un (A) provenait du Carahuirazo dans l'Équateur; l'autre (B) était le tuf classique qui a recouvert Pompeia, et il avait été pris dans la maison de Diomède.

	SiO^2	Al^2O^3	FeO	MnO	MgO	CaO	NaO	KO	TiO^2	Somme.
A	59,28	18,14	8,79	traces	3,43	4,49	4,26	1,85	traces	100,24
B	51,02	18,35	7,30	»	2,53	8,89	6,31	4,95	»	99,35

CASPIENNE.—M. Abich (4) a étudié de son côté une lave boueuse dont l'éruption a donné lieu à l'île Kumoni, dans le sud de la mer Caspienne. Sa densité est 2,610, et sa teneur en silice 62,07 p. 100. La partie (A) attaquable par l'acide chlorhydrique et la partie inattaquable (B) ont été successivement analysées.

	Proportion.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	MnO	KO	NaO	HO	Somme.
A	49,33	42,02	16,48	10,65	5,03	2,56	4,53	0,37	2,14	3,80	12,36	99,94
B	50,47	77,72	14,03	1,72	»	»	»	2,55	3,95	»	»	99,97

(1) J. Roth : *Beiträge zur Petrographie der plutonischen Gesteine*. Berlin, 1869.
(2) *Bull. Soc. d'hist. nat. de Colmar*. 1869.
(3) J. Roth : *Beiträge zur Petrographie der plutonischen Gesteine*. Berlin, 1869.
(4) *Mémoires de l'Académie impériale des sciences de Saint-Pétersbourg*, VIIe série, t. VI, n° 5.

A l'aide d'une série de tableaux analytiques, M. Abich montre comment la lave boueuse de Kumoni se rattache de la manière la plus intime aux formations trachytiques de la Transcaucasie et des champs Phlégréens, et même aux tufs des côtes de l'Italie.

ROCHES MÉTALLIFÈRES.

L'étude géologique des roches métallifères est de la plus grande importance pour le mineur, mais les limites dans lesquelles la *Revue de géologie* est obligée de se renfermer, nous forcent à réduire beaucoup cette partie de la science et à renvoyer aux publications périodiques qni en traitent spécialement.

Parmi les publications récentes, non périodiques et relatives aux gîtes métallifères, nous mentionnerons celles qui sont faites sur l'Erzgebirge par une commission du Bergamt Saxon, composée de MM. B. von Cotta, Th. Schéerer, H. Müller, A. Stelzner (1).

Nous mentionnerons également l'ouvrage que M. W. J. Henwood vient de faire paraître (2). On y trouvera la description de différents gîtes du Cornouailles, du pays de Galles, de l'Irlande, et surtout le résumé des longues explorations de l'auteur dans plusieurs districts métallifères, intéressants et peu connus, qui appartiennent à l'Inde, au Chili et au Brésil.

Fer.

Fer oxydulé.

Lezaca. — Dans la montagne Escolamendy, située sur la commune de Lezaca, dans la Navarre espagnole, les anciens ont exploité un gîte de fer oxydulé. Comme jusqu'à présent l'on ne peut guère voir les vieux travaux qu'à la surface, l'exploration en est assez difficile; toutefois voici les principaux faits observés par M. Delesse en compagnie de M. Pütz, directeur de la mine.

Le fer oxydulé de Lezaca est encaissé dans un schiste de transi-

(1) *Beiträge zur geognostischen Kentniss des Erzgebirges*, 3 livraisons, 1865-1869.

(2) *On metalliferous deposits and subterranean temperature.* 2 vol. Penzance.

tion, métamorphique et non fossilifère, qui se trouve à petite distance du granite. Il forme une série d'amas ganglionaires et discontinus, plutôt qu'un filon. Son orientation est N. 20° O. ou N. magnétique ; son épaisseur s'élève jusqu'à 8 mètres.

Le minerai est noir, massif et, dans certaines parties, aussi pur que celui de la Suède. Il donne à peu près 60 p. 100 de fonte à l'essai. Il peut être accompagné de fer oligiste ; c'est en particulier ce qui a lieu sur le flanc sud de la montagne Escolamendy, où sa poussière prend une couleur noire tirant sur le rouge. Du fer oligiste a également cristallisé dans les fissures qui traversent le gîte.

On rencontre dans le minerai de fer oxydulé de Lezaca de la pyrite de fer cubique, en rognons quelquefois assez gros, de la pyrite magnétique et même de la pyrite de cuivre.

La gangue se compose essentiellement de quartz qui est blanc et hyalin. Tantôt ce quartz se présente en veines dans le fer oxydulé ; tantôt il constitue le ciment de brèches composées de fragments anguleux de minerai.

A la salebande, ou vers la limite du fer oxydulé, on trouve une roche verte qui renferme environ 8 1/2 p. 100 d'eau et qui contient divers silicates à base de fer et de magnésie, notamment de la serpentine. Dans certaines parties elle contient aussi de la chlorite et en outre des lamelles vertes, fibreuses, d'amphibole hornblende.

Du fer spathique forme un réseau de veinules, vers la limite du fer oxydulé ; il est d'ailleurs accompagné de chaux carbonatée blanche ou rose qui se trouve dans l'intérieur des veinules, et qui par conséquent doit avoir cristallisé la dernière.

San Leone. — Parmi les gîtes de fer de l'île de Sardaigne, M. Quintino Sella (1) signale celui de San Leone, près de Cagliari, qui est exploité par MM. Petin et Gaudet.

C'est un minerai de fer oxydulé, accompagné quelquefois de nodules de quartz. Il est très-riche et peut être embarqué à peu de frais. Son analyse a été faite à l'École d'application des ingénieurs à Turin :

Fe^2O^3	FeO	Oxyde de manganèse.	S	Perte au feu.	Somme.
62,00	24,00	0,80	0,20	13,00	100,00

Le fer oxydulé de San Leone s'allonge dans la direction du mé-

(1) *Sulle condizioni dell' industria mineraria nell' isola di Sardegna.* 1870.

ridien magnétique, et plonge vers l'ouest. Il est encaissé dans des schistes siluriens qui sont caractérisés par la présence de nombreux grenats.

Limonite.

IRLANDE. — Les géologues connaissaient bien l'existence de minerais de fer qui sont associés aux roches basaltiques d'Antrim et du nord-est de l'Irlande, mais c'est seulement depuis 1861 qu'on a commencé à les exploiter. MM. R. Tate et J. Sinclair Holden (1) se sont particulièrement occupés de leur étude.

Ces minerais ont une structure pisolithique et passent à une sorte de bol ferrugineux qui forme des lits intercalés dans le basalte. Ils sont d'ailleurs immédiatement recouverts par du basalte compacte et columnaire. Leur richesse en fer métallique est très variable, toutefois elle se trouve habituellement comprise entre 30 et 65. Ils sont fortement magnétiques et, dans l'un d'eux, M. Apjohn a constaté qu'il y avait environ 12 p. 100 de fer oxydulé sur 52 de fer, le reste étant de la silice, de l'alumine et de l'eau. Des analyses de MM. J. Cameron et Hodges y ont reconnu de plus la présence de magnésie, de chaux, de titane, de manganèse, ainsi que des traces d'acide vanadique.

Le phosphore et le soufre y font complétement défaut; aussi ces minerais sont-ils particulièrement recherchés pour la fabrication de l'acier par le procédé Bessemer.

On les traite dans les hauts fourneaux du Cumberland et du Lancashire, et ils rendent plus fusibles les hématites siliceuses de ces comtés. Le mélange de ces deux sortes de minerais donne des scories plus liquides : le grand excès d'alumine introduit par le minerai d'Antrim contribue surtout à ne laisser que très-peu de silice dans la fonte; or, c'est le résultat qu'il importe d'atteindre, lorsqu'on veut obtenir de la fonte destinée au travail par le procédé Bessemer.

MM. Tate et Holden ont cherché à expliquer l'origine du minerai de fer pisolitique du comté d'Antrim. A ce sujet ils observent que le bol ferrugineux et la lithomarge alternent avec le basalte compacte, et résultent simplement de sa décomposition; en sorte que le minerai pisolithique leur paraît devoir être attribué au métamorphisme que le basalte a fait éprouver au bol ferrugineux qu'il a recouvert.

Le gisement du minerai justifie d'ailleurs cette hypothèse que

(1) *Quaterly Journal.* 1870, t. XXVI, p. 151.

nous sommes tout disposé à admettre, d'après nos propres recherches sur le métamorphisme exercé par les roches basaltiques du nord-est de l'Irlande (1).

MEURTHE.—L'oolite ferrugineuse du département de la Meurthe a été étudiée récemment par M. A. Braconnier (2).

Cette oolithe joue un rôle très-important dans la métallurgie de l'est de la France, rôle qui ne peut manquer de s'accroître par suite de la perte récente des mines de fer et des grandes forges qui se trouvaient dans le département de la Moselle. Elle comprend un système de couches marneuses alternant avec le minerai oolithique; elle repose sur le grès argileux supraliasique, et elle est recouverte par des marnes qu'il est difficile de différencier minéralogiquement des marnes liasiques. Considérée dans son ensemble, elle plonge légèrement vers l'ouest. La gangue qui entoure les grains de minerai oolithique est sableuse, argileuse ou calcaire, et toujours plus ou moins ferrugineuse. Elle est formée de particules fines qui deviennent impalpables à mesure qu'on s'éloigne vers l'ouest. On a remarqué d'ailleurs que le minerai se montre en grains d'autant plus irréguliers que sa gangue est plus calcaire. On y rencontre assez souvent des taches noires d'oxyde de manganèse et quelquefois de petites mouches de pyrite de fer ou même de galène.

M. Braconnier donne un grand nombre de coupes et d'analyses du minerai oolithique; les unes et les autres sont très-variables. Il distingue douze classes de minerai qui sont basées sur sa richesse et sur la composition chimique de sa gangue. Il prend pour type le minerai dans lequel la silice, l'alumine, la chaux seraient proportionnelles aux nombres 10, 4, 7, et donneraient alors une gangue très-fusible. Les minerais sont ensuite subdivisés en minerais siliceux, alumineux, calcaires et marneux.

Des essais au nombre de 150, exécutés en partie au laboratoire de l'École des Mines, font connaître la composition des minerais oolithiques du département de Meurthe-et-Moselle. Presque tous ces minerais contiennent de l'acide phosphorique dont la proportion dépasse ordinairement 1 millième, et peut même s'élever accidentellement à plus de 8 millièmes. Le soufre y est généralement beaucoup moins fréquent et moins abondant que le phosphore. L'oxyde de manganèse y fait habituellement défaut.

(1) Delesse : *Étude sur le métamorphisme des roches.* 1858.
(2) *Les minerais de fer dans le département de la Meurthe.* Nancy.

La richesse en fer du minerai cru varie du reste de 18 à 50 p. 100.

Quand le minerai présente une couleur foncée et vert bleuâtre, il devient magnétique comme la chamoisite. Suivant M. E. Jacquot (1), il se laisse alors représenter par la formule



$$3\,[(FeO)^2SiO^3] + 2Aq.$$

La puissance totale de la formation ferrugineuse ne dépasse pas 12 mètres dans la Meurthe ; mais elle s'élève à 30 mètres à Ottange dans la Moselle. Toutefois, ce n'est pas lorsqu'elle est la plus grande que son exploitation présente le plus d'avantages, et qu'elle offre le plus d'épaisseur dans les bancs ferrugineux.

Au sud-ouest de Ludres, un seul étage fournit 4 mètres de minerai de bonne qualité.

M. Braconnier observe que l'oolithe ferrugineuse s'est formée le long des rivages vaseux d'une mer peu profonde. Il ajoute que le minerai est d'autant moins calcaire, d'autant plus alumineux et foncé en couleur ou vert bleuâtre, qu'il s'est déposé à une profondeur plus grande. Cette dernière conclusion s'accorde du reste avec les recherches que nous avons faites dans la Méditerranée ; car nous avons constaté que, sur une côte calcaire, le dépôt bordant immédiatement cette côte, devient d'abord plus argileux et moins riche en carbonate de chaux lorsque la profondeur augmente (2).

Fumel, Lot. — On exploite pour la forge de Fumel (Lot-et-Garonne), et jusque dans la ville même, des minerais de fer qui sont très-riches et de plus de bonne qualité. Ils forment des rognons ou même de gros amas irréguliers dans le terrain lacustre éocène. Voici, d'après M. Barachon, chimiste de l'usine de Fumel, quelle est la composition de ces minerais :

I. Minerai en roche, compacte et à cassure esquilleuse, du Salat près Fumel.
II. Minerai pulvérulent de l'Hospice de Fumel.
III. Minerai en roche de Duravel (Lot).
IV. Minerai en roche de Castelfranc (Lot).

---

(1) *Revue de géologie*, t. V, p. 28 et *Lithologie du fond des mers* : Paris, librairie E. Lacroix.
(2) *Description géol. du département de la Moselle*, par MM. Jacquot, Terquem et Barré.

	Oxyde de fer.	Oxyde de manganèse.	Silice et quartz.	Alumine.	Chaux.	Magnésie.	Acide phosphorique.	Eau, acide carbonique.	Somme.
I	70,00	1,60	14,28	9,92	»	»	»	4,20	100,00
II	64,50	»	17,00	10,50	0,60	traces	»	7,00	99,60
III	69,50	1,50	15,50	3,14	0,90	1,10	0,26	8,10	100,00
IV	73,60	traces	10,25	3,25	0,90	traces	»	12,60	100,60

KRESSENBERG. — Une analyse et une description très-détaillée du minerai de fer (Thoneisenstein) du Kressenberg, a été donnée par le docteur K. E. Schafhaütl (1).

La couche Maximilien dont la richesse est de 31 p. 100, se compose 1° de 63,51 p. 100 minerai de fer en grains (A), 2° de 29,30 p. 100 ciment ferrugineux vert foncé séparé par l'acide chlorhydrique étendu (B) et 3° de 7,19 p. 100 de quartz qui est mélangé mécaniquement :

A		B	
Silice	13,803	Silice	5,218
Alumine	2,716	Alumine	0,779
Carbonate de magnésie	0,823	Acide phosphorique	0,501
Acide phosphorique	0,090	Protoxyde de fer	5,575
Oxyde de fer	39,111	Carbonate de chaux	10,560
Matière organique	6,973	Magnésie	1,535
		Potasse	0,031
	63,510	Soude	0,043
		Matière organique	1,203
		Eau	3,534
		Perte	0,402
			29,291

Ekmanite.

M. L. J. Igelström (2) a nommé *Ekmanite*, un silicate nouveau de protoxyde de fer provenant de la mine Brunsjö, paroisse Grythyttan, en Suède. Ce minerai est en masses associées au schiste argileux qui enveloppe le fer oxydulé magnétique. Il forme aussi dans ce dernier des veines ayant une structure compacte ou feuilletée et une couleur verte ou grise qui devient noire par altération.

SiO^2	FeO	MnO	MgO	Al^2O^3	Fe^2O^3	HO	Somme.
34,30	35,78	11,45	2,99	traces	4,97	10,51	100,00

(1) *Sud Bayerns Loethea geognostica*, p. 24.
(2) *Jahresbericht der Chemie*; 1867; 995.

D'après M. Igelström, la formule de l'Ekmanite serait :



$$2\,(2RO.SiO^3) + 3HO.$$

Knebelite.

La Knebelite qu'on connaissait à Ilmenau et à Danemora, forme, d'après M. L. I. Igelström (1), un gisement métallifère important à Schisshyltan, en Suède. Ce minerai s'y trouve en amas et il a été reconnu sur une longueur supérieure à 1 kilomètre ; il est enclavé dans le pétrosilex (Halleflinta), qui se rencontre dans les autres mines de la Dalécarlie, et il est fortement imprégné de fer oxydulé ; même sur les bords, il en contient encore 18 p. 100 avec 6 p. 100 de grenat manganésifère.

La roche métallifère qui est exploitée présente une couleur foncée, presque noire, et une structure tantôt feuilletée, tantôt compacte. M. Igelström a fait successivement l'analyse de la Knebelite (I), du grenat manganésifère qui lui est associé (II) et de la roche elle-même (III) :

	SiO^2	MnO	FeO	Fe^2O^3, Al^2O^3	Somme.
I	31,80	21,05	47,15	»	100,00
II	36,[illegible]8	26,10	»	37,07	99,85
III	25,88	17,17	54,57	»	97,62

On voit que la Knebelite de Schisshyltan se laisse représenter par la formule



$$(MnO + 2FeO)^3 SiO^3 ;$$

elle contient deux fois plus de protoxyde de fer que celle d'Ilmenau et de Danemora.

Le minerai de Schisshyltan contient d'ailleurs 42,44 p. 100 de fer métallique et 13,25 p. 100 de manganèse ; au lieu de le jeter sur les haldes, comme on le fait maintenant, M. Igelström pense qu'on pourrait en obtenir des fontes miroitantes qui seraient propres à la fabrication de l'acier.

Fer spathique et limonite.

BIDASSOA. — Aux environs d'Irun en Espagne et à proximité de la Bidassoa, il existe des gîtes importants de fer spathique qui sont en partie changés en limonite. Les anciens les ont exploités sur une grande échelle, comme l'attestent les vastes excavations pratiquées

(1) *Berg- und Huettenmaennische Zeitung*. 1871, n° 18, p. 149.

et les accumulations de scories laissées à la surface. Ils recherchaient seulement la limonite qui leur servait à fabriquer le fer par la méthode catalane. Bien que le fer spathique puisse aussi se traiter par cette méthode, ils arrêtaient leurs travaux dès qu'ils le rencontraient. Ces travaux restaient d'ailleurs au-dessus du niveau des eaux souterraines, et même ils étaient à peu près limités à la surface; pendant la guerre des Carlistes contre les Christinos, ils avaient encore conservé quelqu'activité, et les minerais de fer d'Irun étaient utilisés pour la fabrication des armes et même des canons. Dans ces dernières années, leur exploitation a été reprise sur une grande échelle sous la direction de MM. Le Chatelier, Ferier, Huyot, et nous allons donner quelques détails sur leur gisement, d'après des excursions faites par M. Delesse en compagnie de M. Pütz, le directeur actuel des mines de la Bidassoa.

— Les filons de minerai de fer sont très-nombreux dans le bassin de la Bidassoa et notamment dans la région qui s'étend au sud d'Irun; mais si l'on considère seulement ceux qui ont de l'importance au point de vue industriel, on peut en distinguer cinq groupes.

Leur roche encaissante est tantôt le granite et tantôt le schiste.

Le granite est habituellement très-quartzeux et pauvre en mica. Ce dernier est brun tombac et peut aussi devenir vert. Quelquefois, comme dans certaines parties traversées par le filon Henry, le quartz est extrêmement abondant et le mica imperceptible.

Le schiste de transition n'a pas encore offert de fossiles. Il est généralement gris noirâtre; mais le long de ses fissures et dans les parties exposées à l'altération de l'atmosphère, il devient jaune, brunâtre ou blanchâtre. Il renferme beaucoup de mica séricite. Le quartz y est souvent abondant, indépendamment des veines quartzeuses qui le traversent. Près de Vera, l'on y voit même de très-gros filons de quartz, qui sont exploités avec avantage pour l'entretien des routes. Dans certains cas, le schiste est complétement imprégné par du fer oligiste terreux ou écailleux qui lui donne une couleur rouge. Il renferme encore des roches vertes pétrosiliceuses et ses caractères sont du reste très-variables.

— Considérons maintenant les filons de fer spathique et, en même temps, ceux de limonite ou d'hématite brune, qui proviennent de leur décomposition.

Le minerai s'y trouve concentré dans des colonnes métallifères, et l'on peut admettre qu'il remplit environ les deux tiers des filons, un tiers seulement restant stérile. Leur direction la plus habituelle, dans toute la région, est N. 40 à 45° O. Lorsqu'ils ont une

direction qui dépasse 75 degrés vers l'ouest, ils ne sont plus assez riches pour être exploités. Leur inclinaison est d'ailleurs voisine de la verticale.

1° — Le groupe le plus important est celui dit de Santa-Ursula qui comprend onze filons exploitables d'hématite brune et de fer spathique.

Si l'on désigne ces filons par des chiffres de 1 à 11, voici les principaux faits constatés pour chacun d'eux.

Le premier, qui est le plus rapproché de la Bidassoa, est déjà exploité.

Le deuxième a été reconnu sur une longueur de 200 mètres, et son épaisseur moyenne est de $2^{m},50$; à son mur, le granite est imprégné sur $0^{m},60$ par un peu de galène et de pyrite de fer, ainsi que par du spath fluor violet.

Le troisième s'observe sur 85 mètres de longueur et présente 4 mètres d'épaisseur.

Le quatrième a fourni une colonne métallifère ayant 4 mètres de puissance.

Le cinquième a été peu exploité.

Le sixième suivi sur plus de 200 mètres contient plusieurs colonnes métallifères.

Il en est de même pour le septième qui affleure sur 600 mètres, et dont l'épaisseur est environ $2^{m},50$.

Le huitième affleure sur 100 mètres, et son épaisseur est à peu près de 2 mètres.

Le neuvième se montre sur plus de 350 mètres de longueur, avec une épaisseur de $2^{m},50$.

Le dixième et le onzième ont à peu près la même épaisseur, d'après les vieux travaux, et ils ont été reconnus sur une grande longueur.

Le deuxième et le troisième filon se réunissent; le septième et le neuvième se réunissent aussi, puis divergent suivant trois branches. Leur croisement est stérile contrairement à ce qui a lieu généralement.

2°—Un deuxième groupe, qui présente également beaucoup d'importance, comprend les quatre filons Henry, La Fé, San Emilio, Miasuri.

Le filon Henry offre la direction N. 20° O., et coupe les trois autres qui sont parallèles entre eux, et à ceux du groupe de Santa-Ursula. Ses affleurements sont visibles sur 1.800 mètres, et son épaisseur mesure environ 3 mètres. Il s'incline vers l'est, et son angle avec l'horizon est au moins de 60 degrés. Tandis qu'il est

séparé d'une manière nette de son toit, il tend au contraire à se fondre dans la roche encaissante qui constitue son mur. Il se distingue d'ailleurs complétement des autres filons, en ce que le fer spathique y est traversé par des veines nombreuses de chaux carbonatée. Ces veines blanches forment souvent un réseau très-complexe qui enveloppe des fragments anguleux de fer spathique, dont la couleur est jaune ou brune. Des débris de la roche encaissante, et en particulier de granite, sont aussi fréquemment enveloppés dans le filon Henry dans lequel ils ont pris une couleur verte.

Les trois autres filons ont un pendage vers le nord, et leur gangue est le quartz, comme pour ceux du groupe de Santa-Ursula. Ils sont d'ailleurs encaissés dans le granite.

San Emilio a été suivi sur plus de 300 mètres, et son épaisseur est de 2 mètres. Il se distingue de tous les autres par l'état fibreux et cristallin de son hématite, qui appartient à la variété désignée sous le nom de glaskopf par les minéralogistes allemands.

La Fé a été exploré par les vieux travaux sur plus de 700 mètres et son épaisseur est environ de 3 mètres. Son minerai consiste en hématite brune qui contient moins de quartz que cela n'a lieu dans le filon précédent.

Miasuri est reconnu sur 600 mètres de longueur, et son épaisseur s'élève à 6 mètres. C'est un filon qui se sépare d'une manière très-nette de ses deux parois. Il contient de la blende, surtout au mur. Il est resté à l'état de fer spathique, même dans ses affleurements.

3° — Sur la commune de Lezaca, on trouve un autre groupe de filons qui sont d'une grande richesse, mais se trouvent malheureusement dans des montagnes d'un accès difficile. Leur direction est N. 20° O. Deux de ces filons méritent d'être spécialement mentionnés.

Le principal se nomme le San Pablo. C'est un filon encaissé dans un granite blanc, quartzeux, compacte et bien cristallin, contenant quelquefois du mica de couleur verte. Il est formé de fer spathique, qui se montre rarement changé en hématite, même près de la surface. Sur les flancs de la colline, les travaux des anciens l'ont mis à découvert sur plus de 500 mètres. Il est bien réglé et presque vertical. Sa puissance moyenne est de 8 mètres; et même, dans certaines parties, il s'élargirait jusqu'à 20 mètres, s'il faut en croire les déclarations des vieux ouvriers mineurs. Des coins de granite tombés dans ce filon n'ont pas été abattus par les anciens et restent maintenant en saillie. Il est possible que le San Pablo soit le prolongement du Miasuri qui aurait été un peu dévié vers le nord.

Un deuxième filon présente une puissance moyenne qui dans les parties explorées n'est pas inférieure à 10 mètres; il est encaissé

dans le schiste de transition, et formé par de l'hématite brune. Cette hématite est cariée, comme l'est généralement celle qui provient de la décomposition du fer spathique; mais elle offre cette particularité remarquable, qu'elle est traversée par une multitude de veines de quartz opaque, poreux et carié, qui sont parallèles entre elles, et en outre aux joints de division du schiste encaissant. Il est probable que ces veines résultent du remplissage par le quartz de fissures produites dans le fer spathique avant sa décomposition en hématite; elles remontent sans doute au moment où le schiste a pris par compression sa structure schisteuse, vraisemblablement à l'un des soulèvements qui ont donné lieu à la chaîne actuelle des Pyrénées.

C'est entre les deux filons de fer de Lezaca desquels nous venons de parler que se trouve le gîte important de fer oxydulé duquel il a été question précédemment.

4° — Un quatrième groupe situé près d'Irun renferme un nouveau filon de fer spathique, le San Federico.

Ce dernier, encore peu étudié, se dirige de l'est à l'ouest magnétique et paraît vertical. On l'a reconnu sur plus de 200 mètres, et dans quelques parties sa puissance devient considérable, car elle dépasse 5 mètres.

Dans le quatrième groupe, il y a en outre deux filons de plomb, ainsi que des gîtes assez irréguliers d'un fer oligiste, quartzeux, dur et caverneux.

Tous ces minerais sont d'ailleurs intercalés dans le schiste de transition.

5° — Enfin la grande richesse en minerais de fer de toute la région qui avoisine la Bidassoa, nous est encore révélée par d'autres exploitations.

Mentionnons particulièrement : la mine de la montagne de la Bayonnette, en France; les deux gros filons, l'un de fer spathique, l'autre d'hématite, qui sont encaissés dans le granite de la colline Montoya près de Vera dans la Navarre Espagnole ; les gîtes de fer oligiste écailleux ou terreux qui sont intercalés dans le schiste de transition des collines Baldrone et Pompollieguy.

— Occupons-nous actuellement d'une manière spéciale de la composition minéralogique et chimique des filons de fer spathique et d'hématite qui sont exploités par la Compagnie des mines de la Bidassoa.

Le fer spathique présente une couleur blanchâtre, blanc-jaunâtre, nankin, brunâtre ou brun foncé. Il est cristallin, en lamelles rhom-

boédriques enchevêtrées, qui lui donnent un grain plus ou moins gros. Sa perte au feu varie de 28 à 31 p. 100. Il contient généralement moins de 1,5 p. 100 de chaux. Traité par l'acide, il laisse un résidu quartzeux de plusieurs centièmes. D'après des analyses faites dans le laboratoire de M. Henry Sainte-Claire Deville, à l'École Normale, il a le grand avantage d'être riche en manganèse ; car ce dernier métal dosé à l'état d'oxyde rouge varie de 3 à 8,6 p. 100.

L'hématite est brune et appartient à l'hydroxyde de fer désigné aussi sous le nom de limonite. Elle a une structure cariée ou caverneuse. Sa masse est amorphe ou même terreuse; mais dans les cavités elle devient fibreuse ou mamelonnée. Elle forme encore des enduits luisants et, dans certains cas, des stalactites. Des analyses faites à l'École des Mines, apprennent que sa perte au feu varie de 10 à 14 p. 100. En outre, elle paraît contenir moins de manganèse, et au contraire plus de résidu quartzeux que le fer spathique ; ces résultats s'expliquent d'ailleurs facilement, puisqu'elle provient de la décomposition de ce minerai.

Relativement à la décomposition du fer spathique, l'on peut observer qu'elle semble avoir eu lieu plus facilement dans le schiste que dans le granite. Ainsi à Lezaca, par exemple, l'hématite est encaissée dans la première roche, et le fer spathique dans la deuxième. Du reste on peut s'en rendre compte aisément, en observant que le granite est compacte, par suite peu ou point perméable ; tandis que le schiste étant éminemment fendillé, se laisse beaucoup mieux imbiber par l'humidité et par les eaux souterraines.

Le quartz est la gangue constante et presque exclusive des filons de fer spathique de la Bidassoa : Il le traverse en veines blanches et translucides, qui sont ramifiées en tous sens; de plus, il remplit la partie médiane des petits filons de fer spathique, ce qui montre qu'il a cristallisé le dernier.

Dans l'hématite, on retrouve naturellement les veines de quartz; mais elles sont opaques, corrodées à la surface, et elles ont une structure cariée : elles constituent une sorte de squelette dans le minerai résultant de la décomposition du fer carbonaté.

A l'intérieur d'une géode d'hématite, nous avons observé accidentellement un noyau composé de quartz opaque, encore enchevêtré de fer spathique, blanc jaunâtre et bien cristallisé, qui avait échappé à la décomposition.

La chaux carbonatée est blanche et spathique. C'est seulement dans le filon Henry qu'elle devient abondante ; elle présente alors des veines ramifiées, enveloppant des fragments anguleux de fer

spathique auquel elle est postérieure; souvent elle constitue une belle brèche qui est brune à fond blanc.

De l'hématite rouge accompagne quelquefois l'hématite brune. Elle forme des croûtes fibreuses et mamelonnées comme cette dernière, mais qui s'en détachent très-facilement et s'en distinguent d'ailleurs par leur poussière rouge de sang. Tantôt elle recouvre l'hématite brune, et tantôt elle alterne avec elle. On observe, par exemple, l'hématite rouge aux filons Henry, San Emilio, et au filon d'hématite de Lezaca.

Ces hématites fibreuses, brune et rouge, ont été déposées par des dissolutions ferrugineuses qui devaient nécessairement être dans des conditions différentes, notamment en ce qui concerne leur température.

De l'oxyde de manganèse est intimement mélangé aux filons d'hématite, et il s'est surtout concentré dans les cavités; toutefois il n'est pas assez abondant pour qu'il y ait lieu de l'exploiter spécialement.

La pyrite de fer, la pyrite de cuivre, la blende, la galène peuvent se rencontrer dans le fer spathique; mais elles y sont rares, en parcelles souvent microscopiques et, heureusement, tout à fait accidentelles. Elles se rencontrent encore dans les fragments de granite verdis qui sont enveloppés par les filons et aussi près des épontes.

On trouve même quelques sulfures métalliques jusque dans l'hématite brune; car, des veinules de pyrite blanche la traversent quelquefois, et en outre de la galène s'observe dans ses cavités. Les sulfures de fer et de plomb ont donc cristallisé, non-seulement en même temps que le fer spathique; mais ils se sont formés, par voie de dissolution, après sa décomposition et sa transformation en hématite.

Parmi les autres minéraux rencontrés dans les cavités de l'hématite, mentionnons : le cuivre oxydulé qui se montre en beaux cristaux octaédriques, provenant sans doute du filon 9 (groupe de Santa-Ursula); la malachite qui pseudomorphose l'oxyde précédent et peut aussi se trouver isolée; enfin de la buratite ou de l'aurichalcite qui est en lamelles nacrées d'un beau vert bleuâtre. Tous ces minéraux sont visiblement de formation postérieure.

Les minerais de fer de la Bidassoa ont beaucoup d'analogie avec ceux du pays de Siegen et, surtout du Stahlberg, en Westphalie. Comme ces derniers, ils ont le grand avantage de pouvoir servir à la fabrication de l'acier; ils sont remarquables par leur richesse en manganèse, ainsi que par la pureté de leur fer spathique et de

leur hématite. En effet, les sulfures y sont très-accidentels, et toujours en petite quantité. De plus la baryte sulfatée y fait défaut et l'on n'y trouve aucun minéral qui contienne soit de l'arsenic, soit du phosphore.

Avant la stagnation industrielle occasionnée par la guerre soutenue par la France contre l'Allemagne, ces mines ont fourni 1.500 tonnes par mois, et il serait à la fois facile et avantageux de doubler ce chiffre. Leurs produits sont du reste employés dans plusieurs grandes forges et ils sont particulièrement importés en France.

Zinc.

LOMBARDIE. — Des gisements de calamine ont été découverts récemment en Lombardie, sur les territoires d'Oneta, Gorno et Prémola (1). Ils ont une puissance de $0^m,70$ à 2 mètres, et forment des infiltrations dans les calcaires triasiques, ainsi que des amas et même des filons réguliers.

Étain.

VICTORIA. — Aux environs de Beechworth, dans l'État de Victoria, M. Georges Ulrich (2) signale plusieurs gisements d'oxyde d'étain.

Dans le premier gisement, ce minerai se trouve dans un dyke de porphyre brèche, composé de quartz avec calcédoine, feldspath et quelquefois un peu de mica; il y a aussi de la pyrite de fer et du spath fluor.

Dans le deuxième, l'oxyde d'étain est disséminé dans un large dyke d'eurite traversant un granite grossier.

Dans le troisième, l'oxyde d'étain se montre surtout dans un dyke de granite euritique, à grain fin, qui est encaissé dans le granite commun de Beechworth. Ces deux roches sont stannifères et de plus elles sont sillonnées par de nombreux filons de quartz, contenant eux-mêmes de l'oxyde d'étain.

Il s'y rencontre encore de la pyrophyllite, quelques minerais de cuivre et de fer, ainsi que des pyrites arsenicales.

(1) *Comitato geologico italiano.*
(2) *Contributions to the mineralogy of Victoria*; 9.

Cuivre.

IRLANDE. — M. Samuel Hyde (1) a étudié les filons de cuivre du sud-ouest de l'Irlande, à Bearhaven, à Allitries, à Coosheen et à Ballycummisk.

Ces filons sont encaissés dans des roches analogues au Killas du Cornouailles et, comme dans ce dernier pays, leur direction est 10° à 25° N.-E. On peut admettre qu'ils forment la continuation de ceux du Cornouailles.

INDE. — A la mine Danda, au nord-ouest de l'Inde, M. Henwood (2) indique une exploitation de pyrite de cuivre dans un quartz formant des ganglions parallèles aux joints de division d'un schiste chloritique.

Namaqualite.

M. I. R. Gregory a signalé un minerai de cuivre nouveau et jusqu'à présent très-rare, dont l'analyse a été faite par M. le professeur Church (3). Ce minerai provient du pays des Namaquois, dans le sud de l'Afrique, et a reçu le nom de *Namaqualite*.

Il forme des veines irrégulières qui sont fibreuses, à éclat soyeux et qui alternent avec une sorte de chrysocolle. Sa couleur est bleu pâle; sa dureté égale 2,5 et sa densité 2,49.

CuO	Al^2O^3	CaO	MgO	SiO^2	HO	Somme.
44,74	15,29	2,01	3,42	2,25	32,38	100,09

Si l'on admet que la silice soit accidentelle, que la chaux et la magnésie remplacent une quantité correspondante de protoxyde de cuivre, l'on peut adopter pour la formule de la namaqualite



$$4\ CuO, Al^2O^3, 11\ HO.$$

Comme l'hydrotalcite, c'est un hydroxyde dans lequel un protoxyde et un sesquioxyde se trouvent réunis.

(1) *Qualerly Journal*; 1870 : XXVI, 348.
(2) *On metalliferous deposits*. 1, 9.
(3) *Journal of the chemical Society*, 1870. 1. — Voir aussi *Annales des mines*: [4] IX, 587 et [5] VIII (Mines de cuivre du cap de Bonne-Espérance).

Fer et cuivre.

AINHOUE. — Aux environs d'Ainhoue, dans les Basses-Pyrénées, il existe des gîtes métallifères actuellement inexploités, qui ont une grande analogie avec ceux de la Bidassoa. D'après l'examen qui en a été fait par MM. Delesse, Genreau et Gindre, ils consistent en filons de fer spathique très-cuprifère.

Ces filons sont encaissés dans le schiste transition et, autant qu'on en peut juger par les vieux travaux, ils sont bien réglés et leur puissance dépasse 1 mètre.

Les haldes montrent que le minerai de fer est surtout à l'état de fer spathique ; en outre, il y a de l'hématite brune provenant de sa décomposition, et même on trouve accidentellement des traces d'hématite rouge.

Le minerai de cuivre consiste en pyrite ordinaire ou panachée, et en cuivre gris. Il est en grains ou en cristaux disséminés dans du quartz et dans du fer spathique. Quelquefois il forme des veinules qui traversent le fer spathique et qui, par conséquent, lui sont postérieures. Un peu de malachite se rencontre autour des minerais de cuivre, ainsi que dans les fissures avoisinantes.

La gangue est un quartz hyalin blanc. Dans certains cas, ce quartz présente des bandes qui alternent avec le fer spathique. Ses cristaux sont implantés transversalement aux parois du filon. Quelquefois ils sont rayonnés autour d'un noyau ou d'un globule central qui consiste en fer spathique ; cette structure en cocarde rappelle alors celle du filon de la Chevrette, près d'Allevard ; mais, dans ce dernier, le quartz est au centre et au contraire le fer spathique à la circonférence.

Quelques cristaux de baryte sulfatée blanche et transparente se rencontrent accidentellement dans les fissures du filon.

Dans les gîtes d'Ainhoue, le minerai de cuivre imprègne fortement le fer spathique et nuit tout à fait à son emploi comme minerai de fer, ainsi que l'ont constaté récemment des essais entrepris dans les hauts fourneaux des Landes ; il paraît même que les anciens exploitaient seulement ces gîtes pour en extraire le minerai de cuivre.

Plomb.

IRUN. — La Compagnie royale des Asturies exploite au sud de la ville d'Irun des minerais de plomb qu'elle fait fondre à l'usine de Renteria. La mine de San Narciso qui dépend de cette usine est

sous la direction de M. Carl Weiss et, d'après nos observations lors de la visite que nous y avons faite, nous allons en décrire le gisement.

Le filon de galène de San Narciso se trouve encaissé dans le schiste de transition d'Irun, duquel nous avons déjà parlé précédemment. On l'a exploré sur une longueur de 250 mètres. Il est assez irrégulier et présente une série d'étranglements ; cependant dans les parties où il est bien réglé, sa puissance s'élève à 3 mètres et même à $3^m,50$. Son inclinaison est vers le nord et mesure 74°. Sa direction reste comprise entre N. 45° et 55° O. ; il est donc à peu près parallèle aux filons de fer spathique de la Bidassoa et en particulier à ceux du groupe de Sainte-Ursule.

La structure du San Narciso est essentiellement compacte et beaucoup moins cristalline que cela n'a lieu généralement dans les filons de plomb ; les cavités tapissées de cristaux y sont petites et rares.

Le minerai consiste en galène qui imprègne le plus souvent une gangue de chaux fluatée. Cette galène est particulièrement riche en argent, quand du fer spathique ou de la pyrite de cuivre lui sont associés ; et alors elle est à grandes lamelles. Elle devient pauvre au contraire, quand elle est à petit grain ; il en est de même, quelque soit son grain, quand elle se trouve associée à de la blende et surtout à de la baryte sulfatée. La galène la plus riche de San Narciso contient jusqu'à 1.800 grammes d'argent par tonne de plomb, et la plus pauvre n'en a guère que 300 grammes.

La blende se montre, après la galène, le minerai le plus abondant. Sa couleur est ordinairement brune et foncée, quelquefois brun clair, jaune de miel ou rouge ; souvent elle devient bleue et irisée à la surface. La blende accompagne particulièrement la baryte sulfatée et il y en a peu avec la chaux fluatée.

De la pyrite de cuivre et de la pyrite de fer sont associées tantôt à la baryte sulfatée, tantôt à la chaux fluatée.

La galène est séparée par le triage et au moyen du boccard ; quant à la blende et à la pyrite de cuivre, elles n'ont pas encore été utilisées.

La gangue du filon San Narciso est essentiellement la chaux fluatée, qui est blanche, blanc verdâtre ou bien vert légèrement bleuâtre, plus rarement rose. Quelquefois elle est amorphe. Dans les druses elle a cristallisé en cubes.

La chaux carbonatée accompagne habituellement la chaux fluatée, et sa couleur est blanche. Dans les druses, elle présente la forme de prismes hexagonaux terminés par une face plane.

Il y a aussi du fer spathique brun jaunâtre.

La baryte sulfatée est blanche et contient ordinairement des petits cristaux de pyrite de fer. Elle forme souvent le ciment de brèches dont les fragments proviennent soit du filon, soit du schiste encaissant.

Lorsqu'on fait une coupe du San Narciso, on trouve successivement :

1° Une salebande noire, argilo-schisteuse, qui varie de $0^m,05$ à $0^m,10$ et qui est quelquefois imprégnée de minerai.

2° Une bande de chaux fluatée compacte qui est accompagnée de spath calcaire et représente un cinquième environ de l'épaisseur du filon ;

3° Du spath fluor qui renferme la galène et les divers minerais.

Du reste dans les parties du filon qui contiennent de la baryte sulfatée ou du fer spathique, ces deux gangues occupent la même position que le spath fluor.

Ajoutons qu'il existe, au toit du filon de galène de San Narciso un filon spécial de fer spathique. Ce dernier, dont l'épaisseur varie de $0^m,15$ à $0^m,25$, est à peu près à la distance de $0^m,90$. Il renferme quelquefois des traces de galène et de blende. Il augmente généralement d'épaisseur quand le filon de galène se rétrécit ou disparaît; en sorte qu'on le suit comme un guide qui permet de retrouver ce dernier filon quand il est perdu. On l'utilise aussi comme fondant à l'usine à plomb.

Le filon de galène est d'ailleurs traversé par plusieurs failles qui sont distantes l'une de l'autre de 60 à 80 mètres. Elles ont une direction N. 40° O. et font un angle très-petit avec le filon. Leur épaisseur est de $0^m,30$ environ, et elles sont généralement remplies par une sorte d'argile plus ou moins schisteuse. L'une d'elles seulement, contenait de la chaux, fluatée verte avec de la pyrite de cuivre. Il importe d'observer que ces failles coupent le filon et qu'elles y produisent un enrichissement.

— A Belbio, la Compagnie royale des Asturies a commencé à exploiter un autre filon de galène qui est analogue au précédent, bien qu'il ne lui soit pas parallèle. D'après M. Weiss, sa direction est N. 70° à 80°. Son inclinaison est de 75° vers le nord. Son épaisseur varie de $2^m,50$ à 3 mètres. Comme le San Narciso, le filon de Belbio est encaissé dans le schiste de transition. Au mur, il montre une salebande argileuse, noire, qui est au plus de $0^m,1$; cette salebande ne se retrouve pas au toit, qui est cependant séparé d'une manière très-nette du schiste encaissant.

Le filon de Belbio présente d'ailleurs un mélange intime de galène, de blende, de pyrites de cuivre et de fer, avec du spath fluor, de la chaux carbonatée et du fer spathique.

— Dans la concession des mines de fer de la Bidassoa, il existe également des filons de galène, et l'un d'eux paraît même être le prolongement du San Narciso.

D'après M. Férier, sa direction est N. 45° O. et son inclinaison est tantôt à l'est, tantôt à l'ouest. Son épaisseur se montre variable, mais ne dépasse guère 1 mètre. En allant de ses parois vers sa ligne médiane, on trouve successivement du fer spathique, du spath fluor blanchâtre, violet et, dans certains cas, verdâtre ; il paraît qu'il y a aussi du quartz, et de plus la chaux carbonatée serpente en petites veines au toit.

La galène est tantôt grenue et tantôt en cristaux; elle forme généralement deux veines distinctes et quelquefois trois : la première est au mur, entre le schiste et le fer spathique ; la deuxième, qui est la plus importante, se trouve dans la partie médiane du filon ; la troisième, qui est accidentelle, se rencontre au toit et dans le quartz. Comme à San Narciso, la galène imprègne surtout le spath fluor. Ce filon contient en outre de la blende, de la pyrite de cuivre ainsi que de la pyrite de fer, qui sont dans le quartz ou dans le spath fluor. Quant à la salebande, elle est formée par une argile noire.

Dans ces divers filons de galène des environs d'Irun, contrairement à ce qui s'observe dans les mines classiques de la Saxe, il importe d'observer que la galène la plus cristalline est aussi la plus riche en argent.

ARGENTELLA. — Sur la côte occidentale de la Corse, à Argentella, M. l'ingénieur des mines Villot (1) a étudié récemment une mine de plomb argentifère exploitée anciennement par les Génois.

Le minerai consiste en galène qui, à Ogliastrone, est accompagnée de blende et de pyrite de fer. Sa teneur en argent varie de 490 grammes jusqu'à 815 grammes par quintal de plomb d'œuvre; du reste, de même qu'à Irun, la variété la plus riche en argent est encore une galène cubique à grandes facettes.

Tout le minerai se trouve en veinules ou bien en mouches qui sont disséminées dans une roche granitoïde ; et, au voisinage de la grotte d'Argentella, la puissance de ce gîte métallifère remarquable atteint au moins 20 mètres.

(1) Lettre du 18 août 1871.

La roche granitoïde qui forme la gangue de la galène d'Argentella contient du quartz, de l'orthose blanc et quelquefois rose, du mica d'un vert plus ou moins foncé. Dans certaines parties, ses cristaux peuvent disparaître et alors elle passe à une eurite bien caractérisée.

GUITTONE. — M. l'ingénieur Villot signale également au cap Guittone, entre les golfes de Galeria et de Crovani, de petits filons de galène qui serpentent dans le porphyre.

Leur direction est Hora VI de la boussole allemande et leur plongement a lieu vers le nord. Ils rendent environ 50 p. 100 de plomb et leur richesse en argent est de 110 grammes par quintal.

Galène et calamine.

MONTEPONI. — M. Quintino Sella (1) appelle spécialement l'attention des mineurs sur la mine de Monteponi (Ile de Sardaigne), dans laquelle on exploite de la galène argentifère ainsi que de la calamine.

La galène forme des colonnes métallifères; elle est ordinairement très-pure et contient une quantité d'argent qui va quelquefois en augmentant dans la profondeur; on peut évaluer sa teneur en argent à 26 grammes par quintal de minerai.

Près des couches qui encaissent le minerai, il y a de l'oxyde de fer ou de l'argile.

Quand la galène se trouve en contact avec du calcaire, on rencontre très-fréquemment de beaux cristaux d'anglésite et de plomb carbonaté qui ont rendu ce gisement célèbre.

La calamine s'observe dans les parties où le calcaire silurien encaissant est moins compacte, et comme désagrégé ou décomposé. Elle reste bien parallèle à la stratification du calcaire; de plus elle forme des amas ou des lentilles distinctes dont la principale atteint une puissance de 40 mètres.

Voici deux analyses du minerai qui ont été faites à l'École d'application des Ingénieurs à Turin :

	Carbonate de zinc.	Hydrosilicate de zinc.	Carbonate de plomb.	Galène argentifère.	Oxyde ferrique.	Calcaire dolomitique.	Argile.	Eau dégagée à 120°.	Somme.
I	41,49	3,56	4,67	7,46	8,94	13,59	16,58	2,10	98,89
II	77,32	2,02	0,85	1,20	6,18	7,05	4,23	1,02	99,93

(1) Sella. — *Sulle condizioni dell' industria mineraria nell' isola di Sardegna.*

Ce gîte métallifère de Monteponi est le plus important de l'île de Sardaigne. Comme dans la haute Silésie, la galène s'y trouve d'ailleurs associée à de la calamine, à du calcaire magnésien et à de la limonite.

Argent.

SHARK. — A l'extrémité sud-ouest de l'îlot syénitique nommé le Petit Requin (Little Shark), et appartenant aux Iles Normandes de la Manche, M. Henwood (1) a étudié un filon d'argent qui s'exploite sous la mer, dont les infiltrations pénètrent même jusque dans les travaux de la mine. Sa direction est N. 28° E. et son pendage 66 à 85 degrés au N.-O. ; quant à son épaisseur elle varie de $0^m,5$ à $3^m,5$.

On observe d'une manière bien nette dans ce filon, l'influence soit de la mer, soit de l'atmosphère, sur la décomposition des minerais. Car, vers le haut du filon, il y a du chlorure d'argent, du minerai d'argent noir et terreux, du plomb carbonaté, du plomb sulfaté, du plomb sulfato-tricarbonaté, de la malachite, de l'azurite et surtout de l'hydroxyde de fer provenant de l'altération de la pyrite de fer ; tandis que, dans la profondeur, on trouve au contraire de la galène, de l'argent rouge, des pyrites de fer et de cuivre, c'est-à-dire des minerais qui sont sulfurés, arseniés et antimoniés.

Or.

DOMO D'OSSOLA.— M. Le Neve Foster (2) a fait observer que la scheelite (chaux tungstatée) est associée à l'or natif qui s'exploite au val Topp après Domo d'Ossola en Piémont, dans un quartz contenant de la pyrite de fer, de la galène, de la blende, de la chaux carbonatée et du braunspath.

D'un autre côté M. David Forbes a constaté dans l'Amérique du sud que la scheelite accompagne les granites post-siluriens, ainsi que leurs filons métallifères.

MONTE CAPELLO. — La pyrite aurifère de Monte Capello, val de Strona dans le royaume d'Italie, a été essayée par M. l'ingénieur Villot, qui a obtenu $2^{gr},5$ d'or dans un quintal de ce minerai.

---

(1) *On metalliferous deposits*. I, 530.
(2) *British Association*, 1869, p. 88.

Sierra Nevada. — L'on admet assez fréquemment que les roches paléozoïques constituent essentiellement le gisement primitif de l'or exploité dans les terrains de transport ou d'alluvion; mais M. Blake (1) a reconnu, dans la Sierra Nevada, que des roches aurifères de la Rivière Américaine contenaient des ammonites, et étaient au moins jurassiques.

D'un autre côté, dans les Montagnes de la Côte (Coast Range), l'or est associé au cinabre et paraît se trouver dans des roches tertiaires appartenant même au terrain miocène.

M. Blake en conclut avec raison que les phénomènes éruptifs et métamorphiques, qui ont amené l'or à la surface du globe, ne sont pas spéciaux à une époque géologique déterminée, mais qu'on peut trouver de l'or dans toute la série de terrains, depuis le laurentien jusque dans le tertiaire.

Australie. — Une expédition entreprise dans le haut de la rivière Gilbert et dans les pays situés à l'ouest et au sud des monts Newcastle, vers la base de la Péninsule du cap York, a fait reconnaître une vaste région aurifère. Ces nouvelles richesses avaient déjà été signalées par M. Clarke et plus tard par M. Daintree, géologue du Queensland.

Suivant M. Brough Smith, la surface aurifère connue dans l'Australie en 1869, s'élevait à 8 millions d'hectares dont 240.000 seulement avaient été explorés. L'or de ce pays se trouve dans des filons de quartz ou bien dans des terrains de transport. On a reconnu plus de 2.600 filons, et l'on a fait des recherches sur 227.000 hectares de terrain de transport. La quantité d'or extraite de 1851 à 1868 s'élève à peu près à 1.116.000 kilogrammes d'or, dont le tiers seulement provient des filons. Quant au produit moyen, on l'estime environ à 17,6 grammes par tonne de minerai.

Nouvelle-Zélande. — D'après les recherches de M. de Hochsteller, l'or de la région aurifère de Thames, dans la Nouvelle-Zélande, se trouve en partie dans le tuf trachytique et en partie dans des schistes argileux paléozoïques (2).

Brésil. — D'après le professeur Hartl (3), l'or se trouve au Brésil dans des veines quartzeuses, qui traversent les roches anciennes

(1) *Annotated Catalogue of the principal mineral species of California*, 1866.
(2) *Comitato geologico italiano.*
(3) *Comitato geologico italiano. — Geology and physical geography of Bresil.* (Extrait par M. Caillaux.)

métamorphiques, appartenant probablement au silurien inférieur. La formation la plus riche en or est celle des argiles schisteuses associées à l'Itacolumite, et avec certains minerais de fer micacé ou spéculaire, ou d'oxyde de manganèse et de mica talqueux (Itabitite et jacutinga).

L'or se trouve encore dans les alluvions qui dérivent de ces roches.

Les mines d'or les plus riches sont dans la région qui s'étend aux environs de la ville d'Ouro-Proto, chef lieu de la province de Minas-Geraes.

Dans celle de Morro Velho, la roche aurifère est un mélange de pyrite ordinaire, accompagnée de pyrite magnétique et arsenicale avec une gangue quartzeuse, dans la proportion de 57 p. 100 de pyrites pour 43 de quartz. La pyrite arsenicale moins abondante est, du reste, la plus riche.

La mine de Gongofoco, qui fut autrefois en grande réputation, montre la succession des roches suivantes, de haut en bas : Itacolumite ferrugineuse; schistes argileux avec gros amas de minerai de fer; granite.

Dans cette mine, le palladium est associé à l'or.

Les mines de Sao Jao d'El Rei de Sao José ont donné, comme la précédente, de grands bénéfices.

Le dépôt aurifère de la Rosse Grande montre l'or disséminé dans un mélange de quartz avec pyrite arsenicale et oxyde de fer.

Quand aux gîtes de Morro de Santa Anna et de Maquiné, ils consistent en riches veines aurifères qui traversent des couches de *Jacutinga*, recouverts par une espèce de conglomérat ferrugineux dit *Canga* dans le pays.

Dans le dépôt de Cougonhas do Campo, l'or existe dans les cavités d'un quartz altéré qui a été injecté dans une roche dioritique.

Quelquefois l'or est accompagné de bismuth, comme dans le dépôt aurifère de Cata-Branca.

DEUXIEME PARTIE.

TERRAINS.

Répartition des animaux dans la série des terrains.

Iles Britanniques. — L'étude des grandes classes d'animaux fossiles dont les restes ont été trouvés dans les îles Britanniques jusqu'en 1854, et la répartition des espèces dans la série des terrains sont résumées dans le tableau suivant, que nous empruntons au *Manuel de géologie* de M. Samuel Haughton (1).

	PALÉOZOÏQUE inférieur.		PALÉOZOÏQUE supérieur.			NÉOZOÏQUE (y compris mésozoïque).				ONTOZOÏQUE.	TOTAL par classe.
	Silurien inférieur y compris Cambrien.	Silurien supérieur.	Dévonien.	Carbonifère.	Permien.	Triasique.	Jurassique.	Crétacé.	Tertiaire.	Post-tertiaire.	
Crustacés. .	110	37	12	36	11	1	21	44	15	10	297
Poissons. . .	»	7	94	179	16	21	207	94	118	»	736
Reptiles. . .	»	»	1	1	3	33	68	23	32	»	161
Mammifères.	»	»	»	»	»	»	5	»	34	57	96
Invertébrés.	354	419	321	1.012	104	88	1.285	1.165	1.320	187	6.255
Totaux. .	464	463	428	1.228	134	143	1.586	1.326	1.519	254	7.545
	927		1.790			4.574				254	
	Age malacozoïque.		Age ichthyozoïque.			Age saurozoïque.				Age mastozoïque.	

Ce tableau concerne seulement les animaux. En étudiant aussi les plantes et en comparant l'ensemble des êtres, M. Haughton formule les trois lois suivantes :

(1) *Manual of Geology*, 1866, p. 106, 212, 241.

I Les formes des animaux et des plantes paléozoïques diffèrent entièrement, quant au type, des formes néozoïques.

II. Les formes néozoïques appartiennent généralement à des types plus élevés que les formes paléozoïques.

III. Pour les animaux comme pour les plantes, les premières formes de la vie, bien que généralement inférieures en organisation à celles qui leur ont succédé, les surpassent cependant en grandeur.

Pour justifier cette dernière loi, M. Haughton cite l'exemple du Receptaculites Neptuni, parmi les foraminifères paléozoïques; celui du Pterygotus, crustacé de la même époque, qui atteignait 2m,50 de longueur, etc. De même, les équisétacées paléozoïques avaient des dimensions gigantesques.

TERRAINS PALÉOZOIQUES.

TERRAINS ANTÉRIEURS AU TERRAIN SILURIEN.

Eozoon Canadense.— La nature organique de l'Eozoon a encore été mise en discussion par MM. King et Rowney (1). Ces savants ne voient dans le système tubulaire, les moules de cloisons et les apparences nummulitiques de l'Eozoon, que des modifications inorganiques d'une masse de serpentine. Ils inclinent à croire que la calcite du squelette intermédiaire est une pseudomorphose de serpentine opérée par infiltration ou par remplacement. MM. King et Rowney demandent d'ailleurs comment il se fait que l'Eozoon ne se rencontre que dans des roches cristallines ou semi-cristallines, c'est-à-dire dans les ophites ou ophicalcites de différents âges: c'est ainsi qu'ils ont nettement observé cette structure dans une ophite liasique de Skye.

Cependant la majorité des savants anglais se prononce pour la nature organique de l'Eozoon. M. Carpenter a observé, dans des foraminifères récents, préalablement débarrassés de leur calcaire, les mêmes particularités que dans l'Eozoon. La prolongation de l'existence de cet animal jusqu'à l'époque jurassique n'a d'ailleurs rien qui le surprenne. Enfin M. Huxley annonce que, dans des échantillons de sondages effectués, soit dans l'Atlantique, soit dans le golfe arabique, il a trouvé une organisme inférieur, le Bathybius, qui se rencontre en grande abondance au fond de cer-

(1) *Geol. mag.*, VI, 84. — *Geol Society*, 23 déc. 68. — Voir *Revue de géologie*, V, 146; V, 160; IV, 157; VII, 160.

taines mers et à une profondeur de 2.800 brasses, formant une sorte de réseau qui rend très-vraisemblable le développement de l'Éozoon dans les premiers âges géologiques.

— On sait que les calcaires laurentiens à Éozoon contiennent de grandes quantités de graphite. M. Dawson (1) regarde la présence et les caractères particuliers de ce minéral comme prouvant l'existence d'une flore fossile qui se développait côte à côte avec l'Éozoon, lors du dépôt de ces calcaires. Cependant plusieurs savants contestent que le graphite puisse avoir une origine végétale; à moins donc que la substance prise pour du graphite ne soit en réalité de l'anthracite, il n'y aurait aucune conséquence à tirer de la présence de ce minéral dans les calcaires laurentiens.

Suède. — M. Igelstroem (2) a découvert, dans le gneiss fondamental de la Suède, au Nullaberg, province de Wermland, des couches de gneiss bitumineux et de micaschiste interstratifiées au milieu du gneiss-granite rouge ordinaire. Les principaux éléments de la roche bitumineuse sont, d'après M. Nordenskjoeld, l'orthose grisâtre et le mica blanc, mélangés à des proportions variables de matière charbonneuse. Lithologiquement, cette roche paraît semblable au gneiss laurentien avec graphite du Canada, que sir W. Logan regarde comme une roche incontestablement sédimentaire. Telle est aussi l'origine que M. Igelstroem attribue aux roches du Nullaberg.

TERRAIN SILURIEN.

Pays de Galles. — Nous avons déjà parlé (3) des fossiles découverts par MM. Salter et Hicks dans le terrain cambrien de Saint-David. Depuis, M. Hicks, en collaboration avec M. Harkness (4), a considérablement augmenté ces découvertes, d'où résulte l'existence, à Saint-David, d'une puissante série fossilifère au-dessous des couches *méneviennes*, lesquelles représentent la faune primordiale de M. Barrande. Cette série comprend, de haut en bas:

(1) *Geol, Mag.*, VI, 368. — *Geol. Society*, 23 juin 69.
(2) *Geol. Mag.*, VI, 173.
(3) *Revue de géologie*, VII, 161.
(4) *Geol. Mag.*, VIII, 329. — *Geol. Society*, 10 mai 71.

	mètres.
8. Lits gris schisteux	50
7. Grès gris, pourprés et rouges à paradoxides (4 espèces)	100
6. Grès jaunâtres, schistes avec Plutonica, Conocoryphe, Microdiscus, Agnostus, Theca, Protospongia	50
5. Grès pourprés, quelquefois verdâtres	330
4. Couches rouges schisteuses, offrant la première apparition des fossiles de Saint-David, Lingulella ferruginea et Leperditia Cambrensis	17
3. Grès verdâtres schisteux	140
2. Conglomérats à cailloux de quartz roulés dans une matrice pourprée	20
1. Hornstones verdâtres et greenstones terreux.	

CUMBERLAND. — Les schistes de Skiddaw, qui représentent la partie inférieure du terrain silurien dans le district des lacs du Cumberland, sont recouverts par des trapps, des porphyres et des schistes, connus sous le nom de « schistes verts et porphyres. » On avait cru jusqu'ici qu'il y avait concordance de stratification entre ces deux systèmes. MM. Dakyns (1) et Alleyne Nicholson (2) croient avoir découvert récemment, en divers endroits, les preuves d'une discordance marquée au contact de ces deux dépôts. Quand la direction des couches est la même, le plongement des schistes de Skiddaw est toujours plus fort, et souvent il n'y a aucun rapport entre les directions respectives. Il arrive alors que les schistes verts reposent tantôt sur les assises les plus élevées, tantôt sur les portions les plus basses de la série de Skiddaw.

Cependant M. Talbot Aveline (3), sans nier la possibilité de cette discordance, croit que la preuve doit en être cherchée ailleurs que dans la région étudiée par M. Dakyns, et où il paraîtrait que les deux formations sont amenées en contact par des failles d'une grande amplitude.

NORMANDIE et BRETAGNE. — D'après M. Guillier (4), la coupe du terrain silurien de la Sarthe se présente de la manière suivante:

1. Silurien supérieur :	Schiste et argile bigarrée avec Orthocères et Cardiola interrupta, veines d'ampélite avec graptolites.
2. Silurien moyen. . :	Grès blanc sans fossiles.
3. » » :	Schiste contourné, noduleux, à Calymene Arago, C. Tristani, Asaphus nobilis, Illænus Hispanicus, Bellerophon bilobatus.
4. Silurien inférieur :	Grès rouge à Bilobites (Cruziana, Frœna) avec bancs de poudingue à galets de quartz.

(1) *Geol. Mag.*, VI, 56.
(2) *Geol. Mag.*, VI, 105, 167.
(3) *Geol. Mag.*, VI, 382.
(4) *Bull. Soc. geol.*, XXVII, 436.— Voir aussi *Revue de géologie*, t. VIII, p. 223.

La succession des assises 3 et 4 s'observe à Saint-Léonard-des-Bois (Sarthe), à Sottervast (Manche) et près de Châteaulin (Finistère). Dans ces deux dernières localités, le grès à bilobites (grès armoricain de M. Rouault) renferme aussi le Scolithus linearis et des lingules. A Châteaulin, le silurien supérieur manque et le silurien moyen supporte des couches dévoniennes à Pleurodictyum problematicum, qui le séparent des ardoises exploitées. Ces ardoises, contrairement à ce que l'on croyait, appartiennent donc au terrain dévonien.

Scandinavie. — On sait que le terrain le plus ancien de la Scandinavie est un gneiss dit gneiss fondamental, qu'on regarde comme l'équivalent du laurentien du Canada. Sur cette roche repose, en Westrogothie, un grès connu sous le nom de *grès à fucoïdes*, surmonté lui-même par un schiste alunifère. D'après M. Torell, le grès correspond au groupe de Longmynd du silurien inférieur, tandis que le schiste alunifère représenterait les Lingula-flags. Dans ce schiste, M. Angelin distingue deux étages: l'étage inférieur, caractérisé par les genres Conocoryphe et Paradoxides, l'étage supérieur, où apparaissent les Olenus. Le grès à fucoïdes repose sur un gneiss altéré, qui s'observe bien en Westrogothie, aux environs de Lugnas. Déjà MM. Wallin et Torell avaient trouvé dans la partie inférieure du grès un végétal d'une organisation relativement élevée, l'Eophyton Linnæanum, d'où le nom de grès à Éophyton pour distinguer cette assise inférieure, caractérisée aussi par un annélide, l'Arenicolites spiralis. Depuis, M. Linnarsson (1) y a recueilli une lingule (L. monilifera), une autre espèce d'Éophyton (E. Torelli), un brachiopode indéterminable et un organisme assez singulier, le Rhysophycus dispar, qui paraît appartenir à un animal articulé. La partie supérieure du grès, ou grès à fucoïdes proprement dit, a fourni à M. Linnarsson plusieurs exemplaires de Lingules.

Flore silurienne. — Divers auteurs ont décrit des organismes provenant des roches cambriennes ou siluriennes de l'Amérique du Nord, et qui leur ont paru présenter le caractère de végétaux : cependant d'autres observateurs ont cru devoir rapporter ces fossiles à des impressions laissées par des vers marins. La même solution a été adoptée par MM. Salter et Harkness relativement aux prétendus fucoïdes signalés par M. Mac Coy dans les schistes de Skiddaw. Pourtant M. Alleyne Nicholson (2) a

(1) *Geol. Mag.*, VI, 393.
(2) *Geol. Mag.*, VI, 494.

trouvé dans ces schistes des fossiles qui, si leur nature végétale n'est pas absolument hors de doute, ne peuvent du moins pas être rapportés à des traces de vers. Il a décrit ces fossiles sous les noms de Butotrephis Harknessii, B. radiata, Eophyton palmatum et Chondrites. Les deux premiers proviennent des assises supérieures des schistes de Skiddaw ; les autres se rencontrent à la base de la série.

Du reste, d'après M. Hicks (1), la présence des végétaux serait hors de doute dans les roches siluriennes de l'île Ramsey, près de Saint-David; ces roches, qui forment le passage entre les schistes à lingules et les schistes d'Arenig ou de Skiddaw, renferment les restes d'un végétal du genre Éophyton, dont la structure interne est, par exception, facile à étudier et permet de classer ce genre parmi les cryptogames vasculaires. L'auteur a donné à cette espèce le nom d'Eophyton explanatum.

Limite entre le terrain silurien et le terrain dévonien.

ANGLETERRE. — Les *couches de passage* entre le silurien et le dévonien ont été étudiées, dans les environs de Woolhope (Herefordshire), par M. Brodie (2). On y observe la série suivante, de haut en bas, au-dessous du vieux grès rouge :

1. Grès en couches minces.
2. Schistes brun foncé.
3. Grès jaune.
4. Schistes de couleur olive.
5. Grès en couches minces.
6. Schistes de couleur olive.

Dans quelques localités, les schistes 4 et 6 ont fourni des débris végétaux (Lycopodites, Psilophyton), ainsi que des crustacés (Pterygotus Banksii, Eurypterus Brodiei).

TERRAIN DÉVONIEN.

ANGLETERRE. — Nous avons signalé l'année dernière (3) la découverte, dans les schistes dévoniens du Cornouailles, d'une plaque

(1) *Geol. Mag.*, VI, 534.
(2) *Revue de géologie*, VI, 164.
(3) *Revue de géologie*, VIII.

provenant d'un poisson identique avec le Pteraspis du vieux grès rouge. Depuis, M. Pengelly (1) a recueilli plus de troiscents fragments de Pteraspis dans les roches dévoniennes du Devonshire et du Cornouailles; ces fossiles avaient été longtemps considérés comme des éponges, et ce n'est que depuis peu que leur véritable nature a été reconnue. Cette découverte fait tomber l'une des principales objections qu'on opposât à l'identification du système dévonien avec le vieux grès rouge, si riche en poissons fossiles.

HAUTE SILÉSIE. — M. F. Roemer (2) distingue trois assises dans le terrain dévonien de la haute Silésie (3):

1 Au sommet, *couches de Bennisch*, consistant en grès gris, schiste argileux et conglomérat quartzeux, avec diabase amygdaloïde et gisements subordonnés de calcaire et de minerai de fer. Douze espèces fossiles y ont été rencontrées, dont plusieurs se retrouvent dans le dévonien supérieur de l'Allemagne occidentale;

2° *Grauwacke d'Engelsberg*, formée de grauwacke et de schiste argileux, souvent clivables, avec peu de fossiles;

3° A la base, *quartzites et schistes argileux de Würbenthal;* ce sont des quartzites blancs et des schistes argileux noirs, ces derniers contenant des lits de calcaire cristallin. Près de Würbenthal, dans la Silésie autrichienne, le quartzite a fourni douze espèces fossiles, dont trois, les seules qui soient déterminables, concordent avec les espèces du dévonien inférieur de Coblentz.

A ce système sont associés des diorites et des schistes dioritiques, ainsi que des gîtes métallifères (pyrites aurifères de fer, de cuivre; blende, galène, minerai magnétique, hématite). On trouve dans les quartzites le disthène, la staurotide, le grenat.

TERRAIN CARBONIFÈRE.

IRLANDE. — Les couches carbonifères de Ballycastle, dans le comté d'Antrim, se répartissent en trois étages :

1. Etage supérieur. Grès massifs, schistes avec couches de houille, de black-band, de minerai de fer argileux, etc. (Lingula squamiformis).

(1) *Geol. Mag.*, VI, 77.
(2) *Geol. Mag.*, VIII, 230. — *Geol. Society*, 22 mars 71.
(3) *Geologie von Oberschlesien*. Breslau, 1870.

2. Étage moyen. . . consistant en une mince couche de calcaire intercalée au milieu des schistes et contenant, en mollusques, crinoïdes et polypiers, les genres et les espèces du calcaire carbonifère.
Étage inférieur. . Grès rougeâtres massifs et conglomérat avec de minces couches de schistes.

M. Ed. Hull (1) regarde l'étage inférieur comme le représentant incontestable de la série des grès calcifères, situés à la base du carbonifère dans l'ouest de l'Écosse. Les deux étages supérieurs correspondraient au calcaire carbonifère. La Lingula squamiformis est un des fossiles les plus caractéristiques de ce calcaire en Écosse et en Irlande. Or elle se trouve presque au sommet des couches de houille de l'étage n° 1.

Cette manière de voir est partagée par M. Baily. Ainsi, jusqu'à nouvel ordre du moins, il n'y aurait pas, à Ballycastle, de représentant du groupe du millstone-grit.

PAYS DE GALLES. — M. Davies (2) a étudié le millstone-grit dans le nord du pays de Galles. La puissance de cette formation y est un peu inférieure à 100 mètres; elle est beaucoup moins pauvre en fossiles qu'on n'a coutume de le penser. Le plus abondant est le Productus semireticulatus, var. Martini. On y trouve aussi d'énormes Orthoceratites, les Productus undatus, P. costatus, P. Youngianus. Spirifera bisulcata, Bellerophon, Streptorhynchus crenistria, Schizodus, etc. En somme, la faune du millstone-grit a le faciès de celle du calcaire carbonifère; cependant il s'y rencontre des plantes houillères, par exemple des calamites.

Il est bon de remarquer que l'ensemble des couches de grès, avec quelques retours de calcaires, qui fait l'objet du travail de M. Davies, a quelquefois été rapporté au calcaire carbonifère: cependant l'auteur estime que beaucoup de bonnes raisons s'opposent à cette assimilation.

PYRÉNÉES. — On exploite dans la vallée d'Ossau, à Jetons et à Gabas, un marbre statuaire blanc qui a été jusqu'ici attribué au dévonien. M. Coquand (3) y a signalé des fossiles découverts par M. Saccaze, savoir : Amplexus coralloïdes, Michelinia, Calamites, qui ne lui laissent aucun doute sur l'assimilation de ces marbres au calcaire carbonifère. Du reste, on observe au-dessus de ces calcaires, vers la frontière espagnole, un gisement d'anthracite qui devra peut-être être rapporté au terrain houiller.

(1) *Geol. Mag.*, t. VIII, p. 86.
(2) *Geol. Mag.*, t. VII, p. 73, 122.
(3) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVII, p. 54.

M. Coquand n'est pas éloigné de croire que les marbres blancs de la vallée de la Garonne et de l'Ariége, ordinairement attribués au lias, sont en réalité contemporains de ceux de la vallée d'Ossau. Toutefois M. **Leymerie** (1) fait observer que la bande des marbres statuaires pyrénéens passe toujours au nord, c'est-à-dire *en dehors* de la bande des grès rouges, lesquels sont certainement postérieurs au terrain carbonifère. C'est pourquoi, sans affirmer que ces marbres appartiennent au terrain jurassique, M. **Leymerie** doute beaucoup qu'il soit légitime de les assimiler au calcaire carbonifère.

En tous cas, ce qui est incontestable, c'est l'existence du terrain houiller proprement dit dans les Pyrénées Orientales, à la montagne de la Rhune (2). Maintenant, est-il possible que ce terrain soit représenté dans l'Ariége? M. **Mussy** (3) est disposé à répondre affirmativement. Il y a en effet, dans ce département, entre les calcaires dévoniens à nautiles, d'une part, et les grès bigarrés, d'autre part, un système de schistes terreux, occupant, par conséquent, la place du terrain carbonifère et contenant des traces charbonneuses, pauvres, il est vrai, mais bien nettes et faciles à observer sur les bords de l'Arize à Nescus, Méras et Loustalot, au Sarrat de Milles, près de Rimont et au Garié d'Encourtiech, près de Saint-Girons.

Telle n'est pas cependant l'opinion de M. **Leymerie** (4), qui ne croit pas à l'existence du terrain houiller dans les Pyrénées entre les gîtes extrêmes des Corbières et de la Rhune. Suivant lui, le grès rouge pyrénéen, qui recouvre ces deux gîtes, est, dans toutes les vallées de la chaîne, directement en contact avec les schistes de transition sans aucun intermédiaire.

APENNINS. — M. **Coquand** (5) rappelle que, dès 1845, il a montré l'indépendance des marbres de Carrare et de Serravezza vis-à-vis du *calcare rosso ammonitifero* et les a placés dans la série paléozoïque. Depuis, MM. **Savi** et **Meneghini** ont montré la liaison intime des calcaires métamorphiques avec le verrucano à plantes carbonifères, et M. **Cocchi** (6) a franchement classé comme carbonifères les marbres statuaires en question et ceux du Campi-

(1) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVII, p. 640.
(2) *Revue de géologie*, t. VI, p. 163.
(3) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVII, p. 14.
(4) *Comptes rendus*, 3 mai 1869.
(5) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVII, p. 61.
(6) *Sulla geologia dell' Italia centrale*, 1864.

gliese, en montrant qu'entre les marbres et le lias, auquel on les attribuait, s'intercalent la zone à avicula contorta et les cargneules avec gypses représentant le trias. Ainsi se trouverait justifiée l'assimilation faite par M. Coquand, qui reçoit d'ailleurs une nouvelle force des découvertes faites par cet observateur relativement aux marbres statuaires pyrénéens.

ALPES AUTRICHIENNES. — M. Suess (1) signale la découverte, faite par MM. Foetterle et Peters, du calcaire à fusulines dans le carbonifère des Alpes autrichiennes. A ce propos, M. Suess fait remarquer la grande extension de cette assise qui, dans l'hémisphère nord, présente un horizon comparable à celui du calcaire nummulitique. En effet, en Amérique, on le connaît dans la Californie, dans le Nebraska, dans le Kansas, dans le Missouri, dans l'Illinois et dans l'Ohio. On le trouve aussi en Espagne, dans la chaîne cantabrique. On sait d'ailleurs qu'il est très-développé en Russie et, suivant M. Abich, il constitue la partie supérieure du terrain carbonifère dans l'Arménie et dans l'Azerbeidjan.

HAUTE SILÉSIE. — D'après M. F. Roemer (2), le *Culm* ou carbonifère inférieur de la haute Silésie ressemble beaucoup à celui du Hartz supérieur; les grès et les schistes argileux forment la principale masse du terrain; les plantes terrestres et les animaux marins s'y rencontrent associés. M. Roemer pense que le Culm silésien représente, non-seulement la partie supérieure, mais tout l'ensemble du calcaire carbonifère. Le Culm à l'état calcaire ne se rencontre que près de Krzeszowice, où il est très-fossilifère.

Le terrain houiller est formé de grès à grain grossier et de schistes contenant souvent de la sphérosidérite. Les couches de houille atteignent jusqu'à 15 mètres de puissance. 36 espèces de fossiles marins y ont été rencontrées (3).

La faune du terrain houiller silésien a beaucoup d'affinité avec celle du calcaire carbonifère, bien qu'elle possède un faciès propre. C'est dans les couches inférieures du terrain que les fossiles marins sont le plus abondants. Ces fossiles s'identifient, non-seulement comme genres, mais encore comme espèces, avec ceux de Coalbrook-dale en Angleterre, de Chokier sur la Meuse et de Werden sur la Ruhr.

---

(1) *Jahrb. d. k. k. g. R.*, 1870.
(2) *Geologie von Oberschlesien*. Breslau, 1870.
(3) *Revue de géologie*, t. IV, p. 155, t. VII, p. 174.

Amérique du Nord. — La commission géologique du Michigan avait établi pour cet État un nouveau groupe géologique, le groupe de Marshall, situé à la base du terrain carbonifère, c'est-à-dire dans le *subcarboniferous* des géologues américains, et représentant le groupe de Catskill (New-York), le calcaire à goniatites (Indiana), le groupe de Kinderhook (Illinois), les grès jaunes (Jowa), le calcaire de Chouteau, le grès vermiculaire et le calcaire lithographique (Missouri), enfin les schistes silico-bitumineux de la base du groupe siliceux (Tennessee). Cette assimilation, en désaccord avec l'opinion admise jusqu'alors par les géologues, qui regardaient ces diverses formations comme l'équivalent des groupes dévoniens de Chemung et de Portage, a été acceptée déjà par M. Dana (1).

Depuis, M. Winchell (2) a publié, sur le groupe de Marshall, un travail d'ensemble où il a récapitulé les découvertes paléontologiques faites dans ce groupe, dans les divers États de l'Amérique du Nord où il est développé. On y trouve 46 espèces fossiles, savoir : 9 végétaux, 13 polypiers, 27 crinoïdes, 1 Fenestella, 124 brachiopodes, 116 lamellibranches, 13 Bellerophon, 4 Porcellia, 48 gastéropodes, 46 céphalopodes, 9 trilobites, 1 ostracode, 4 poissons, 1 Pleurodictya.

Le groupe de Marshall se retrouve dans l'État d'Ohio, où il est représenté, ainsi que l'ont reconnu, d'abord M. Winchell, puis M. Newberry (3), par la série de Waverley; cette série comprend : le schiste de Cuyahoga (50 mètres), le grès de Berea (17 mètres), le schiste de Bedford (20 mètres), le schiste de Cleveland (6 à 20 mètres). 15 espèces de poissons y ont été trouvées : elles appartiennent aux genres Palæoniscus, Ctenacanthus, Gyracanthus, Orodus, Helodus, Polyrhizodus, Cladodus.

Au-dessus du groupe de Waverley vient le calcaire carbonifère, surmonté par le conglomérat carbonifère (équivalent américain du millstone-grit), que couronne le terrain houiller.

Brésil. — Les bassins houillers du Brésil méridional ont été étudiés par M. Plant (4). La coupe la plus complète est celle de la Serra Partida, sur les bords de la rivière Candiota, province de Rio Grande do Sul. Au-dessous de 10 mètres de grès ferrugineux,

(1) *Manual of Geology*, 1863, p. 308.
(2) *Report on the progress of the State geological Survey of Michigan*. — *Geol. Mag.*, t. VIII, p. 275.
(3) *Geol. Mag.*, t. VIII, p. 278.
(4) *Geol. Mag.*, t. VI, p. 147.

apparaît la houille, alternant avec des schistes très-ferrugineux avec fougères : ces schistes sont séparés du micaschiste par un grès et un calcaire,

Parmi les plantes recueillies dans le schiste ferrugineux, M. Carruthers (1) a établi trois espèces nouvelles : Flemingites Pedroanus, Odontopteris Plantiana, Noeggerathia obovata. Ce savant n'hésite pas à rapporter la houille du Brésil à la période carbonifère, tout en reconnaissant que le charbon lui-même a plutôt l'aspect d'un produit secondaire.

TERRAIN PERMIEN.

Guienne. — M. H. Magnan (2) a annoncé l'existence du terrain permien sur le bord sud-ouest du plateau central, entre les vallées de l'Aveyron et de la Vère, dans la forêt de la Grésigne. Le zechstein y serait représenté par 50 mètres de calcaires compactes avec couches fissiles, à Turbonilla, Schizodus, etc., et 50 mètres de calcaires dolomitiques, de dolomies cendreuses, avec cargneules.

Le grès rouge, puissant de 500 mètres, se composerait d'argiles, de schistes argileux et de grès fins, schisteux, psammitiques, de couleur rouge intense.

Pyrénées. — M. Coquand (3) croit qu'il convient de séparer du grès bigarré, pour les attribuer au permien, les grès rouges du pic d'Ossau et, avec eux, la plupart des grès rouges pyrénéens. En effet, ces grès sont directement liés aux calcaires carbonifères à Amplexus et, de plus, ils offrent une analogie très-grande avec les grès rouges du massif de la montagne Noire qui, comme ceux de Réalmont, du pont de Camarès, de Belmont et de Saint-Gervais, sont reconnus aujourd'hui comme permiens.

Du reste, il est difficile de ne pas être frappé de la ressemblance que les poudingues du grès rouge de la montagne de la Rhune, près de Biarritz, présentent avec ceux du grès des Vosges.

Italie du Nord. — MM. Gaetano Negri et Spreafico (4) ont étudié les grès à texture porphyrique des environs du lac de Lugano. Ces grès, intimement liés aux porphyres quartzifères, sont

(1) *Geol. Mag.*, t. VI, p. 151.
(2) *Bull. Soc. hist. nat. de Toulouse*, 1869.
(3) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVII, p. 59.
(4) *Institut lombard des sciences et des lettres*, 15 mai 1869.

accompagnés de conglomérats (verrucano), et rappellent complétement les formations permiennes étudiées par M. Suess (1) dans les Alpes méridionales, ainsi que celles du même âge qu'on observe dans la vallée de Fassa. Les grès et conglomérats reposent sur les micaschistes et sont surmontés par la dolomie triasique à Megalodon Guembeli. Aussi les auteurs n'hésitent-ils pas à voir dans ces roches les équivalents du grès rouge permien.

Haute Silésie.—Le terrain permien a été reconnu dans la haute Silésie par M. F. Roemer (2). A cette formation se rattachent les conglomérats calcaires de Czerna et de Paczottowice, formés de galets carbonifères, avec couches de grès rouges et blancs et des restes d'Araucarites Schrollianus. Ce système est recouvert en concordance par la dolomie triasique à Myophoria fallax. Des tufs porphyriques, avec porphyre quartzifère, mélaphyre et amygdaloïde, couronnent la formation, dont la base est marquée par des porphyres feldspathiques et quartzeux.

Le calcaire blanc et cristallin de Karniowice repose sur les grès rouges et est recouvert par des tufs porphyriques que surmonte la dolomie à Myophoria. Cinq espèces de fougères et un cône de pin ont été trouvés dans le calcaire.

DYAS ET TRIAS.

M. Marcou (3), en se fondant sur les modifications récemment apportées par M. de Moeller à la carte géologique de la Russie, modifications qui consistent surtout dans l'extension beaucoup plus grande donnée au trias aux dépens du permien, a insisté de nouveau sur la convenance de réunir le permien ou dyas et le trias en un seul groupe, celui du *nouveau grès rouge*. M. Marcou tire un nouvel argument des recherches de M. Barbot de Marni (4), qui divise le permien russe en deux étages, épais de 200 mètres, et distingue par-dessus un trias, puissant de 230 mètres, et jusqu'ici confondu avec le précédent. Enfin M. Huxley (5), en se fondant sur l'étude des reptiles, a exprimé la même opinion que M. Marcou.

---

(1) *Revue de géologie*, t. VIII.
(2) *Geologie von Oberschlesien*. Breslau, 1870.
(3) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVII, p. 919.
(4) *Geognostische Reise in der nœrdlichen gouv. in Europ. Russland.* — *Revue de géologie*, t. VIII.
(5) *Geol. Society*, t. XXV, p. 138.

TERRAINS MÉSOZOÏQUES.

TERRAIN TRIASIQUE.

ANGLETERRE. — Il existe au centre de l'Angleterre, dans le voisinage de Burton sur Trent, un conglomérat que les géologues anglais rattachent au nouveau grès rouge (trias), et qui est formé par des cailloux roulés de quartzite aux couleurs vives, avec très-peu de galets provenant des roches carbonifères du voisinage. Ces quartzites, d'après M. Hull (1), ne se rencontrent nulle part en Angleterre; on les trouve seulement dans le conglomérat qui forme la base du vieux grès rouge en Écosse. M. Hull est donc d'avis que c'est ce vieux grès rouge qui a fourni les éléments du conglomérat triasique en question.

Du reste, la commission géologique d'Angleterre, en faisant la carte des Mendip-Hills, a constaté que divers conglomérats se sont formés à plusieurs reprises pendant toute la série du Keuper; ils se sont déposés le long d'une terre paléozoïque, tandis qu'à la même époque les grès et les marnes du Keuper s'accumulaient dans une eau plus ou moins profonde.

Mais les conglomérats ont pu se former encore à d'autres époques. Ainsi le conglomérat de Bristol, qui se trouve à la base du Keuper, pourrait être, d'après M. Etheridge (2), l'équivalent du muschelkalk. Ce conglomérat est dolomitique et associé à divers minéraux, tels que la calamine et l'hématite. Il a fourni des restes de reptiles (thecodontosaurus, etc.).

En résumé, voici, d'après M. Etheridge, la concordance entre le trias d'Angleterre et celui du continent.

Marnes irisées.—Marnes rouges avec bandes d'argile marneuse, accidentellement micacée et contenant des veines de gypse et de sel gemme. Crustacés, bivalves (estheria), foraminifères à la base dans le comté de Leicester.

Lettenkohle. — Grès du Keuper avec marnes intercalées (water-stones), passant à la base à des grès pâles et à des grès d'un rouge foncé. Conglomérat calcaire du centre de l'Angleterre.

Conglomérat dolomitique de Bristol à Dinosauriens.

Muschelkalk.— Manque en Angleterre, à moins qu'il ne soit représenté par le conglomérat dolomitique.

(1) *Geol. Mag.*, t. VI, p. 182.
(2) *Géol Mag.*, t. VII, p. 88. — *Geol. Society*, t. XXVI, p. 174.

Grès bigarré et grès des Vosges (en partie). — 1. Grès supérieur. Il est tendre, rouge brique et de couleurs variées, mais sans cailloux.

2. Assise moyenne, grès brun rougeâtre, plus durs, avec cailloux quartzeux, passant à un conglomérat avec calcaire.

3. Grès inférieur, tendre, rouge brique, sans cailloux.

LANGUEDOC. — M. Dieulafait (1) rapporte, comme l'a déjà fait M. Émilien Dumas, au trias les grès du midi de la France, coloriés comme infraliasiques, sur la carte géologique de France. En effet, dans l'Ardèche et le Gard, on trouve la zone à Avicula contorta au-dessus de ces grès et toujours dans un système calcaire. Il en est de même dans la Lozère. Quant à l'Aveyron, c'est très au-dessus des grès que se développe l'Avicula contorta.

Maintenant M. Dieulafait est d'avis que les grès en question appartiennent au grès bigarré plutôt qu'aux marnes irisées. Cette opinion, qui ferait descendre dans le trias la plupart des gypses du pays, n'est pas admise par MM. Parran et Hébert (2). Du reste, M. Hébert (3) ne voit pas de raisons suffisantes pour enlever à l'infralias ou étage rhétien les arkoses de l'Hérault : suivant lui, il n'est nullement démontré que l'infralias commence seulement avec l'Av. contorta.

PROVENCE. — M. Dieulafait (4) a précisé l'extension du trias dans la Provence. Il a constaté, conformément à l'opinion de M. de Villeneuve, que la presque totalité des grès rapportés autrefois à cette formation appartiennent en réalité à des étages plus anciens. Les cargneules supérieures au muschelkalk représentent les marnes irisées, étage très-incomplet en Provence. Le muschelkalk s'y trouve aussi grandement réduit depuis la découverte de la zone à Av. contorta, anciennement confondue avec lui. Quant à l'extension horizontale de la formation triasique, elle est aussi complète dans le bassin de la Durance que sur le littoral de la Méditerranée.

ALPES AUTRICHIENNES. — On observe dans la vallée de Gosau, au pied du haut Plassen, une série assez puissante de bancs calcaires rouges, quelquefois accompagnés de silex, dont l'âge avait paru

(1) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVI, p. 398.
(2) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVI. p. 398.
(3) *Bull. Soc. géol.*. t. XXVI, p. 447.
(4) *Matériaux pour servir à la description scientifique de la Provence*, 1870.

d'abord assez difficile à déterminer. M. de Mojsisovics (1), après les avoir d'abord classés dans le calcaire de Hallstadt, y a fait faire de nouvelles recherches, qui ont amené la découverte d'une faune caractéristique du muschelkalk, savoir : Ammonites (Arcestes), Studeri, A. Gerardi, A. brachyphyllus, Nautilus, Orthoceras, etc. L'extrême abondance de l'A. Studeri dans ce gisement détermine l'auteur à caractériser par ce fossile la zone en question.

Il est à remarquer que l'A. Studeri se retrouve à la fois au Spitzberg et dans l'Himalaya (2).

HAUTE SILÉSIE. — On doit à M. F. Roemer (3), une description détaillée du trias de la haute Silésie.

Le grès bigarré, puissant de 60 à 70 mètres, forme deux horizons :

1° Le grès bigarré inférieur (50 mètres) ; schistes d'un brun rouge avec grès ;

2° Le grès bigarré supérieur, ou *Roeth*, formé de schistes rouges, de dolomie et de marnes contenant 17 espèces fossiles, parmi lesquelles Myophoria fallax, Ammonites Buchii, etc.

Le muschelkalk inférieur comprend :

A. Équivalent du *Wellenkalk*, formé, à sa base, d'un calcaire caverneux sans fossiles, que recouvrent les couches de Chorzow sur 90 mètres d'épaisseur ; ces dernières sont constituées par un calcaire gris compacte fossilifère.

B. Équivalent du *Schaumkalk*, comprenant, à sa base, un calcaire à faune alpine que surmontent d'autres calcaires plus ou moins compactes (27 mètres), puis un calcaire gris compacte (5 mètres) avec Encrinites et Terebratula vulgaris ; ensuite les couches dites *de Mikulschütz*, consistant en 25 ou 30 mètres de calcaire à silex corné, avec de nombreuses formes alpines ; enfin la dolomie dite d'*Himmelwitz* (13 mètres).

Le muschelkalk moyen est constitué par une dolomie marneuse blanche ou jaunâtre, non fossilifère, de 17 mètres.

Enfin le muschelkalk supérieur ou *calcaire de Rybna*, très-fossilifère, a de 4 à 13 mètres de puissance.

La comparaison du muschelkalk silésien avec celui de l'Allemagne occidentale montre une grande affinité entre leurs fossiles respectifs. Les formes alpines, comme Rhynchonella decurtata, Terebratula angusta, Retzia trigonella, Encrinus gracilis, etc., se

(1) *Jahrb. d. K. K. g. R.*, t. XIX, p. 567.
(2) *Revue de géologie*, t. VIII.
(3) *Geologie von Oberschlesien*. Breslau, 1870.

retrouvent surtout dans les couches inférieures; c'est le muschelkalk inférieur qui est de beaucoup le plus développé.

L'étage du Keuper est très-bien représenté dans cette région; il y atteint 250 mètres, où l'on distingue :

1° A la base, le Lettenkohle, série de schistes et d'argiles grises et rouges, avec dolomie brune et grès verdâtre, concordante avec le muschelkalk ;

2° Le Keuper proprement dit, argile brun rouge avec calcaire blanc à silex; conglomérat avec poissons et débris de sauriens; grès verdâtre avec lits minces de charbon.

Faune du trias. — M. Huxley (1) a décrit les dinosauriens du trias, parmi lesquels il range les Teratosaurus, Platæosaurus et Zanclodon du trias allemand ; les Thecodontosaurus et Palæosaurus du conglomérat de Bristol; les Cladyodon du Warwickshire, Deuterosáurus de l'Oural, Ankistrodon de l'Inde centrale, Clepsysaurus et Bathygnathus de l'Amérique du Nord, et probablement aussi le Pristerosaurus de l'Afrique australe.

M. Huxley regarde le Compsognathus comme le représentant d'un groupe qui formerait avec les dinosauriens un ordre auquel il donne le nom d'ornithoscélidiens. On retrouverait dans cet ordre, à l'état de signes précurseurs, tous les caractères, sans exception, qui distinguent la classe des oiseaux de celle des reptiles.

Un nouveau reptile triasique, l'Hyperodapedon, a été étudié par M. Huxley (2), qui le classe parmi les Lacertiliens et lui reconnaît de grandes analogies, aussi bien avec le genre vivant Sphenodon (Hatteria) de la Nouvelle-Zélande, qu'avec le genre triasique Rhynchosaurus. M. Huxley ne serait même pas éloigné d'admettre que l'Hyperodapedon fût un reptile terrestre ayant vécu pendant toute la période du permien, du carbonifère et du dévonien. Suivant lui, la terre ferme occupait déjà, à cette époque, une étendue considérable, et sa faune était d'un degré beaucoup plus élevé qu'on ne le croit généralement. Cependant M. Whitaker reconnaît que l'Hyperodapedon a été trouvé dans un grès de l'âge du Keuper, sur la côte méridionale du Devonshire. M. Ramsay pense que les reptiles alliés à l'Hyperodapedon devaient habiter les bords des grands lacs salés de la période triasique.

---

(1) *Geol. Mag.* t. VII, p. 36. — *Geol. Society*, 24 novembre 1869.
(2) *Geol. Mag.*, t. VI, p. 88. — *Geol. society*, 13 janvier 1869.

Limite entre le Trias et le Lias. — Étage rhétien.

ROYAUME-UNI. — M. Ramsay (1) est disposé à considérer les marnes irisées comme se reliant beaucoup plutôt à l'étage rhétien et même au lias, qu'au grès bigarré. Selon lui, les traces de pas d'animaux fossiles qu'on observe dans ces marnes prouvent qu'elles se sont déposées dans des eaux sans marées, c'est-à-dire dans de grands lacs intérieurs : la grande abondance de l'oxyde de fer lui paraît justifier encore cette manière de voir. Cependant M. Tate, après avoir rappelé que des fossiles marins ont été trouvés dans les marnes rouges, ajoute qu'en Irlande il y a entre les marnes et l'étage rhétien une démarcation très-tranchée, tandis qu'il est impossible d'en apercevoir une entre ce dernier et le lias.

GUIENNE. — M. H. Magnan (2) a découvert l'étage rhétien dans les vallées de l'Aveyron et du Cérou. Cet étage a 60 mètres d'épaisseur, savoir : 40 mètres de cargneules, d'argiles et de calcaires, surmontant 20 mètres de calcaires dolomitiques et compactes, quelquefois à grains de quartz, avec Anatina præcursor, Gervillia præcursor, Mytilus minutus. Cette découverte a fait rentrer dans le Keuper les anciens grès infraliasiques de l'Aveyron.

LANGUEDOC. — M. Dieulafait (3) a signalé l'existence de la zone à Avicula contorta dans une foule de localités du Languedoc, où elle n'était encore connue qu'en deux points, savoir : à Joyeuse (Ardèche) et à Lodève (Hérault). Les observations de l'auteur, qui se sont étendues aux départements du Gard, de l'Ardèche, de l'Hérault et de l'Aveyron, lui ont montré partout la zone à Avicula contorta sous la forme d'un système nettement calcaire, toujours supérieur aux grès dits infraliasiques de la carte géologique de France.

SCANIE. — Les grès à empreintes végétales de la côte de Scanie forment un système puissant de 300 mètres, dans lequel on exploite, à Hoeganæs, près d'Helsingborg, des lignites dont l'âge est resté assez longtemps indécis. Mantell en avait fait du wealdien; et la plupart des géologues les rapportaient au lias. M. Hébert (4)

(1) *Geol. Society*, 25 janvier 1871
(2) *Bulletin Soc. d'hist. nat. de Toulouse*, 1869.
(3) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVI, p. 398.
(4) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVII, p. 366.

a reconnu que ce système de grès à lignites contient les fossiles de la zone à Avicula contorta (Ostrea Hisingeri, Mytilus Hoffmanni, M. minutus, Cypricardia Marcignyana, Schizodus posterus, Schizodus triangularis, etc.).

L'étude des végétaux du système conduit à la même conclusion. Il en est de même, paraît-il, des grès de Hœr, qui ont fourni 13 espèces végétales dont 6 se trouvent exclusivement dans la zone à Avicula contorta et 5 sont communes à cette zone et à celle de l'Ammonites angulatus. M. Schimper partage sur ce point l'opinion de M. Hébert.

M. Hébert a de plus fait remarquer, en s'appuyant sur les travaux de M. Schimper (1), que 9 des espèces végétales connues dans l'étage rhétien se retrouvent dans le lias. Cette proportion d'espèces communes entre deux formations est plus forte que pour deux autres termes consécutifs quelconques de la série géologique, d'où l'auteur conclut que l'étage rhétien est la base du lias et doit être détaché du Keuper.

Haute Silésie. — L'étage rhétien de la haute Silésie, décrit par M. F. Roemer (2) sous le nom de Keuper supérieur, c'est-à-dire, comme on voit, en opposition formelle avec les vues qui viennent d'être mentionnées, comprend : à la base, les *couches de Wilmsdorf* (20 à 25 mètres), argiles et marnes rouges ou vertes, avec sphérosidérite et plantes terrestres; au sommet, les *couches à Estheria* de Hellerwald (20 à 25 mètres), grès blanc finement stratifié, avec mica et schistes. L'Estheria minuta y est abondante.

TERRAIN JURASSIQUE.

Lias.

Irlande. — M. R. Tate (3) a trouvé en Irlande, dans l'île Magee, comté d'Antrim, une bélemnite dans la zone à Ammonites angulatus. L'auteur lui a donné le nom de Belemnites præmaturus; l'espèce est de très-petites dimensions. Pour retrouver des bélemnites dans le lias irlandais, il faut s'élever au-dessus de la zone à Amm. Bucklandi.

---

(1) *Traité de paléontologie végétale*, t. I.
(2) *Geologie von Oberschlesien*. Breslau, 1870.
(3) *Geol. Mag.*, t. VI, p. 166.

ANGLETERRE. — Il paraît, du reste, qu'en Angleterre, les bélemnites descendent encore plus bas qu'en Irlande, car M. Brodie (1) a rencontré, dans la zone à Amm. planorbis de Binton (Warwickshire), un cône chambré de bélemnite, qui serait la plus ancienne trace connue de l'existence de ce genre dans le Royaume-Uni.

— M. Brodie (2) a signalé la constance des caractères lithologiques et paléontologiques du lias en Angleterre. Les calcaires à insectes, notamment, qui forment la base du lias inférieur, se suivent parfaitement dans les comtés de Somerset, de Gloucester, de Warwick et de Leicester. Le nombre des couches de ces calcaires varie de deux à six.

— M. R. Tate (3) a dressé le catalogue des invertébrés fossiles du lias. Il a énuméré en tout 2.126 espèces, tant en Angleterre qu'en Europe. De ce nombre, 997 se retrouvent dans le lias anglais, avec 31 espèces de reptiles, 114 de poissons, 24 d'insectes, 49 de foraminifères et 12 de végétaux.

En Angleterre, les genres Rotella, Niso, Opis et Limea apparaissent avec le lias moyen. Le lias supérieur détermine l'apparition des genres Trigonia, Corbis, Cythere et Macrodon.

Quant aux brachiopodes, dont M. Tate (4) s'est plus spécialement occupé, voici comment ils sont distribués dans les diverses zones du lias anglais : les espèces énumérées appartiennent aux genres Crania, Discina, Leptæna (5 espèces), Lingula, Megerlea, Rhynchonella (19 espèces), Spiriferina, Suessia, Terebratula, Thecidium, Terebratulina, Terebratella, Waldheimia et Zellania. Il y a en tout 76 espèces distinctes, dont 37 habitent la zone à Amm. margaritatus, et 23 (en partie les mêmes), celle à Amm. bifrons. La zone à A. planorbis n'a fourni qu'une seule espèce, Rhynchonella plicatissima, qu'on ne retrouve que dans les deux zones suivantes (à Amm. angulatus et Amm. Bucklandi). En somme, le nombre des espèces représentées est de 18 dans le lias inférieur (dont 6 propres à l'étage), 48 dans le lias moyen (30 propres) et 30 dans le lias supérieur (18 propres).

FRANCE ORIENTALE. — M. Meugy (5) a signalé la liaison qui

(1) *Geol. Mag.*, t. VI, p. 239.
(2) *Geol. Mag.*, t. VI, p. 476.
(3) *Geol. Mag.*, t. VIII, p. 4.
(4) *Geol. Mag.*, t. VI, p. 554.
(5) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVI, p. 515.

existe, par l'intermédiaire du calcaire à Gryphæa cymbium de Strassen (Luxembourg), entre le calcaire sableux moyen du département des Ardennes et le calcaire à bélemnites ou calcaire ocreux de la Moselle et de la Meurthe.

HAUTE-MARNE. — Voici, d'après M. Tombeck (1), la coupe du lias de la Haute-Marne :

			mètres
Lias supérieur		a. Minerai oolithique avec Ammonites aalensis et Belemnites irregularis	2,00
		b. Marnes et argiles grisâtres à Amm. bifrons	50,00
		c. Calcaires fissiles à inocerames et à possidonies	1,50
Lias moyen.	Assise supérieure.	d. Calcaires marneux	6,00
		e. Marnes avec nodules ferrugineux	10,00
		f. Fer oolithique avec gryphæa cymbium	2,00
		g. Marne bleue à Belemnites Fournelianus	70,00
		h. Marnes et calcaires ferrugineux	3,00
	Assise inférieure.	i. Calcaire à Amm. Davoei	4,00
		j. Marnes à belemnites	15,00
		j'. Calcaire à Amm. raricostatus	1,00
Lias inférieur		k. Calcaire à gryphées arquées	5,00
		l. Calcaire à Amm. angulatus	1,50

LANGUEDOC. — Le genre Avellana, considéré jusqu'à présent comme spécial au terrain crétacé, a été signalé par M. Dumortier (2) dans le lias supérieur de Crussol et de la Verpillière.

Étage oolithique inférieur.

ANGLETERRE. — D'après M. J. Morris (3), l'étage oolithique inférieur présente un faciès particulier dans les parties des comtés de Northampton et de Lincoln arrosées par les rivières Men et Welland. Les roches rouges ou ferrugineuses qui recouvrent le lias appartiennent, par leurs fossiles, à l'oolithe inférieure. Les sables et les grès calcaires concrétionnés connus sous le nom de schistes de Collyweston et de Wittering appartiennent à une zone supérieure de l'oolithe inférieure ; enfin les calcaires blancs supérieurs et les schistes du Northampton représentent la grande oolithe.

Dans le Lincoln, le faciès de l'étage oolithique inférieur est intermédiaire entre les conditions franchement marines des dépôts du Glocestershire et celles des dépôts terrestres et fluvio-marins du Yorkshire. Les céphalopodes y sont rares, tandis que les nérinées, astartes, trigonies, etc., abondent ainsi que les débris de cycadées.

(1) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVII, p. 286.
(2) *Journal de conchyliologie*. Juillet 1870.
(3) *Geol. Mag.*, t. VI, p. 99.

Les schistes de Collyweston contiennent une riche faune de mollusques, tandis que ceux de Stonesfield sont connus par les crustacés, les insectes, les poissons, les reptiles et les mammifères associés aux coquilles.

M. S. Sharp (1) est d'accord avec M. Morris sur l'attribution des couches à minerai de fer à l'oolithe inférieure. Ces couches, qui n'ont que $0^m,30$ à Kingsthorpe, dans le Northampton, atteignent 8 mètres à Duston, à 2 kilomètres de là. Près du sommet est un lit pétri d'Astarte elegans. Les autres fossiles sont des formes caractérisques de l'oolithe inférieure. Cependant on y trouve aussi la Pholadomya ambigua et l'on a recueilli, à la base, deux beaux exemplaires d'Ammonites bifrons. D'où M. Sharp conclut que dans les minerais de fer du comté de Northampton, il y a une couche de passage entre l'oolithe et le lias.

Voici, du reste, d'après M. Sharp (2), le tableau de la formation oolithique inférieure dans le comté de Northampton :

			mètres.
	Grande oolithe.	A. Calcaires blancs, très-fissurés, avec fossiles de la grande oolithe.	8,00
		B. Argile bleue ou grise, avec lits ferrugineux à la base et fossiles de la grande oolithe.	5,00
Oolithe inférieure ou sable du Northampton.	Assise supérieure.	C. Sable blanc ou gris, avec une couche de végétaux.	4,00
	Assise moyenne.	D. Série très-variable de grès ferrugineux et de lits calcaires.	10.00
		Calcaire grossiérement oolithique, avec fossiles..	1,30
	Assise inférieure.	E. Couches à minerai de fer, avec Rhynchonella variabilis, R. cynocephala et Amnites bifrons à la base.	11,00

Cette classification restitue à l'oolithe inférieure une grande partie des roches du Northampton, que l'on enveloppait en bloc, il y a peu d'années encore, dans la grande oolithe.

— Dans les environs de Bath, l'oolithe affecte généralement la forme de massifs isolés. M. Stephen Mitchell (3) s'est demandé si c'était bien seulement aux agents d'érosion qu'il fallait attribuer cette disposition. Il lui a paru probable que, tandis que les marnes et les argiles de cette période s'étaient déposées en lits continus, les oolithes avaient dû se déposer sous la forme de récifs coralliens, ou autour de ces récifs en conservant leur contour intact.

Cette manière de voir, bien que repoussée par la plupart de

(1) *Geol. Mag.*, t. VI, p. 446.
(2) *Geol. society*, t. XXVI, p. 354.
(3) *Geol. society*, 8 février 1871.

géologues anglais, semble se prêter très-bien à l'explication des particularités que présentent les affleurements de la plupart des calcaires oolithiques à polypiers (notamment les oolithes coralliennes du centre de la France).

LORRAINE. — M. Fabre (1) a reconnu que, dans les environs de Nancy, l'oolithe inférieure repose sur le minerai oolithique du lias par l'intermédiaire d'un conglomérat ferrugineux fossilifère de $0^m,20$, contenant : Ammonites Murchisonæ, Lyonsia abducta, Astarte Menardi, Montlivaltia Delabechei ; les galets de minerai du conglomérat sont généralement perforés par des lithophages. Au-dessus, on observe la coupe suivante, de haut en bas :

1. Couche ravinée fossilifère à Amm. Sowerbyi.
2. Calcaire gréseux à Belemnites abbreviatus.
3. Bancs à Pecten personatus.
4. Calcaire terreux à fucoïdes.
5. Marnes grises et bancs ferrugineux.

Tout cet ensemble, épais de 11 mètres, constitue la zone à Amm. Murchisonæ, dont la partie moyenne forme l'horizon du calcaire à fucoïdes. Cet horizon se suit sans interruption depuis la Méditerranée jusqu'en Lorraine et même jusqu'en Alsace (Gundershoffen).

— MM. O. Terquem et Jourdy (2) ont donné la coupe suivante pour l'étage bathonien de la Meurthe et de la Moselle.

			mètres.
Bathonien supérieur (75 à 100m).	4e zone, peu fossilifère.	Calcaire oolithique miliaire ou calcaire d'Etain	30,00
		Calcaires terreux bruns de Rouvres.	15,00
	3e zone, à Ammonites Quercinus (Terebratula lagenalis, Ostrea Waltonensis, Rhynchonella quadriplicata, Avicula inornata).	Marnes noires très-argileuses, ostrea Knorrii, de Rouvres.	10,00
		Marnes brunes, sableuses ou argileuses, avec calcaires terreux gris, parfaitement oolithiques, ou marnes de Conflans.	40,00
Bathonien inférieur (110 à 80m).	2e zone, à Ammonites Parkinsoni (Clypeus Ploti, Pleuromya Jurassi, Cerithium granulatocostatum). . .	Marnes noires très-argileuses, à ostrea Knorrii, de Friauville.	5,00
		Calcaires terreux gris, quelquefois oolithiques, et marnes brunes sableuses du Jarnizy.	25,00
		Calcaire oolithique miliaire du Grand-Failly, synchronique avec le calcaire oolitique dit Cannabin de Gravelotte. . . . . Calcaire à points ocreux de Vernéville.	30,00
		Marnes de Gravelotte.	20,00
	1re zone, à Ammonites subfurcatus (Mytilus gibbosus, Belemnites Jacquoti).	Calcaire oolithique miliaire de Jaumont	20,00
		Marnes de Longwy.	5,00

(1) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVI, p. 353.
(2) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVI, p. 947.

D'après MM. Terquem et Jourdy, le bassin de Paris, pas plus que l'Angleterre, ne peuvent fournir de types pour le bathonien : c'est à tort que l'on cherche à rapporter à ces deux régions les séries observées dans d'autres contrées; les vrais types du bathonien devraient, paraît-il, être cherchés dans le Jura.

HAUTE SILÉSIE. — D'après M. F. Roemer (1), les étages bathonien et bajocien se confondent, dans la haute Silésie, avec le callovien, en un seul massif calcaire de 4 à 10 mètres de puissance (2). Au-dessous, vient la zone à Ammonites Parkinsoni, représentée par une argile de 30 mètres de puissance, des grès gris et des schistes à sphérosidérite. Enfin le tout repose sur les couches à Inoceramus polyplocus, comprenant, de haut en bas :

4. Argile de Mirow.
3. Marne sableuse foncée de Lysiec et Siellec.
2. Couche de Kotczelitzer, avec bivalves indéterminées.
1. Grès brun ferrugineux, avec Inoceramus polyplocus, Pecten pumilus, etc., de Woischnik.

Il est à remarquer que le lias fait complétement défaut dans la haute Silésie. Les couches jurassiques reposent directement et en concordance sur l'étage rhétien.

Étage oolithique supérieur.

BOULONNAIS. — A la suite de nouvelles études sur le terrain jurassique du bas Boulonnais (3), M. Pellat (4) a été amené à considérer le calcaire à polypiers et à cidaris florigemma d'Echingen, de Brucdale, d'Hourecq et du mont des Boucards, comme un simple faciès particulier de l'ensemble des calcaires à Terebratula insignis, Ostrea solitaria, Pedina sublævis, Ceromya, Isocardia concentrica, etc., qui séparent le terrain oxfordien des argiles à huîtres deltoïdes.

HAUTE-MARNE. — M. Tombeck (5) a étudié, en collaboration

(1) *Géologie von Oberschlesien*. Breslau, 1870.
(2) *Revue de géologie*, t. VIII.
(3) *Revue de géologie*, t. VIII,
(4) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVII, p. 684.
(5) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVII, p. 687.

avec MM. Royer et de Loriol, les étages jurassiques supérieurs de la Haute-Marne. En voici la composition résumée :

Étage	Sous-étage	Zone	Assises
Étage portlandien.		I. Zone à Cyrena rugosa. Oolithe vacuolaire et calcaires gris verdâtres.	
		II. Zone à Cyprina Brongniarti.	1. Calcaires tubuleux. 2. Calcaires tachetés. 3. Calcaires cariés.
		III. Zone à Ammonites gigas.	1. Calcaire à Trigonia Boloniensis. 2. Marnes à Cidaris Purbeckensis. 3. Calcaire à Ammonites rotundus.
Étage kimméridien.		I. Zone de l'Ammonites caletanus.	1. Alternances calcaires à Amm. Erinus. 2. Calcaires marneux à Amm. Eumelus.
		II. Zone de l'Ammonites orthocéra.	1. Argiles à Dysaster granulosus. 2. Calcaire à Isocardia gibbosa et Pholad. Protei. 3. Marnes à Rhabdocidaris Orbignyana. 4. Marnes à Ceromya excentrica. 5. Calcaires à ptérocères.
Étage corallien.	Sous-étage séquanien.	I. Calcaire à astartes, zone de la Terebratula humeralis.	
		II. Oolithe à nérinées ou oolithe de la Mothe.	
		III. Corallien compacte, zone de la Perna subplana.	1. Calcaires lithographiques. 2. Oolithe de Saucourt, 3. Calcaire à Nautilus giganteus. 4. Calcaire grumeleux à Cidaris florigemma (zone supérieure). 5. Calcaire à Amm. Achilles. 6. Calcaire à Amm. Marantianus, Pinna lanceolata.
	Sous-étage corallien.	I. Oolithe à dicérates.	
		II. Calcaires grumeleux à Cidaris florigemma (zone inférieure).	

Ce travail modifie d'une manière importante les vues jusqu'ici acceptées par beaucoup de géologues : il met en lumière la grande extension du séquanien dans la Haute-Marne. En même temps, le sous-étage corallien proprement dit devient un groupe très-variable de composition et de puissance, susceptible même de disparaître en totalité, en sorte qu'on a souvent rattaché à l'oxfordien les assises 5 et 6 du corallien compacte. Quand les assises à dicéras et à cidaris florigemma sont bien développées, c'est toujours aux dépens du corallien compacte. Elles expriment donc beaucoup moins un étage spécial qu'un faciès déterminé du corallien compacte.

Haute Silésie. — Le tableau suivant, dû à M. F. Roemer (1) résume la composition de l'étage oolithique supérieur dans la haute Silésie.

(1) *Géologie von Oberschlesien*. Breslau, 1870.

Jura blanc (Malm) de Quenstedt.	Zone de l'Exogyra virgula.	Calcaire compacte analogue aux schistes lithographiques de Solenhofen. Exogyra virgula très-abondante.
	Calcaire à nérinées d'Innwald.	Calcaire blanc compacte d'Innwald et de Roczyni (Galicie). Brachiopodes, lamellibranches et nérinees. Disparition presque complète des céphalopodes.
	Zone de la Rhynchonella astieriana.	Calcaires blancs compactes avec silex. Grand nombre de fossiles bien conservés.
	Zone de la Rhynch. trilobata (Felsenkalk supérieur).	Calcaire blanc à Amm. polyplocus, Rhynchonella trilobata, etc.—Entre Cracovie et Wielun.
	Zone de la Rhynch. lacunosa (Felsenkalk inferieur).	Calcaires gris clair et poreux, entre Cracovie et Wielun. Rhynch. lacunosa : grand nombre de Planulati.
Jura brun (partie).	Zone de l'Ammonites cordatus (A. Arduennensis).	Calcaire blanc très-fossilifère; marnes blanches et jaunâtres; calcaire gris terreux.
	Zone de l'Ammonites macrocephalus.	Calcaire.

Il paraît que, dans la dernière zone, les espèces calloviennes sont associées, à Balin, avec celle des étages bajocien et bathonien.

L'ensemble des couches jurassiques supérieures de la haute Silésie est très-concordant avec la série de la Souabe.

ALGÉRIE. — M. Peron (1) a étudié en Algérie divers affleurements intéressants du terrain jurassique supérieur, les uns sur les confins des provinces d'Alger et d'Oran, à Chellalah, Zerguin, etc., les autres dans la provinces de Constantine, au Djebel Seba. Les espèces communes à ces dépôts sont les Apiocrinus Roissyi, A. Murchisoni, Cidaris glandifera, Ostrea solitaria, etc. On y trouve aussi les Rhynchonella inconstans, Hinnites inæquistriatus, Glypticus hieroglyphicus, Mactromya rugosa, Nucula Menkii.

M. Peron range ces dépôts sur l'horizon de l'étage séquanien, tout en reconnaissant qu'ils peuvent et doivent représenter une période de temps plus considérable que celle qui correspond à l'étage séquanien seul.

M. Cotteau (2), qui a examiné les oursins provenant de ces dépôts d'Algérie, pense également qu'ils doivent être rangés sur le même horizon que les couches supérieures de Tonnerre et de la Rochelle.

(1) *Bull. Soc. géol.* XXVI, 517, — *Revue de géologie*, VIII.
(2) *Bull. Soc. géol.* XXVI, 529.

Limite entre le terrain jurassique et le terrain crétacé.

Comme l'année dernière (1), l'importance des débats relatifs à la limite supérieure du terrain jurassique nous engage à consacrer à cette question un chapitre spécial.

On sait que pendant quelque temps la discussion a été circonscrite aux environs de Grenoble, dans les célebres calcaires de la Porte de France. Aujourd'hui, par suite de l'assimilation de ces calcaires à ceux de Stramberg dans les Carpathes, de nouveaux éléments de discussion sont venus s'ajouter à ceux qu'on possédait déjà. C'est ainsi que M. Zittel (2), successeur d'Oppel dont il continue la tradition, a cherché à délimiter l'étage tithonique en comparant les Alpes françaises avec les Carpathes. Suivant lui, la limite inférieure de l'étage serait, à Grenoble, entre la couche à grands aptychus et les calcaires à Terebratula janitor. La limite supérieure serait entre ces derniers et le calcaire à ciment, contenant la faune de Berrias.

Dans l'étage ainsi délimité, M. Zittel distingue deux niveaux : l'inférieur, comprenant les couches coralliennes du mont Salève, près de Genève, le Klippenkalk des Carpathes, le calcaire à Terdiphya du Tyrol méridional, le corallien de Wimmis (Suisse), c'est-à-dire les calcaires à Terebratula moravica ; et le supérieur, c'est-à-dire le niveau des calcaires à céphalopodes de Stramberg. Le niveau inférieur a plus de rapports avec le terrain jurassique, tandis que la faune du niveau supérieur a plutôt une apparence néocomienne.

M. Hébert (3), à la suite d'un voyage à Stramberg, après avoir constaté que l'étude directe de cette localité ne peut apporter beaucoup de lumière dans le débat à cause de l'absence de stratification dans le massif calcaire, s'est attaché à prouver, par l'examen des fossiles, que l'étage tithonique doit être complétement séparé du terrain jurassique; qu'il repose sur la zone à Ammonites tenuilobatus, zone oxfordienne, suivant M. Hébert; que les couches du jura blanc (δ, ε, ζ, de Quenstedt) font défaut ; enfin que la plupart des Ammonites du tithonique sont, en réalité, des types connus depuis longtemps dans le néocomien du

(1) *Revue de géologie*, VIII.
(2) *Bull. Soc. géol.*, XXVI, 588. — *Palæontologische Studien ueber die Grenz schichten*, etc. *Die Cephalopoden der Stramberger Schichten*. Stuttgart.
(3) *Bull. Soc. géol.*, XXVI, 588.

midi de la France. En somme, les assises kimméridiennes proprement dites et l'étage portlandien manqueraient dans tout l'est, depuis l'Argovie jusqu'en Gallicie. Les seules couches pour lesquelles M. Hébert (1) admette qu'il puisse y avoir doute sont celles qui contiennent la Terebratula moravica et le Diceras Lucii, c'est-à-dire les couches à faciès corallien du Salève et de Wimmis. Or, M. Zittel considère ces couches comme post-portlandiennes. Ce qui paraît certain, c'est qu'elles sont toujours recouvertes par le néocomien. Mais leur faune a de telles analogies avec celle du coral-rag du nord, que M. Hébert croit bon d'attendre avant de se prononcer définitivement sur leur âge.

Nous ne pouvons mieux faire que de résumer ici, avec M. Pictet (2), l'état présent de la question. Aujourd'hui, tous les géologues sont d'accord pour reconnaître, entre le néocomien de Berrias, à Terebratula diphyoïdes, et le jurassique à *Ammonites* tenuilobatus, deux horizons : l'horizon supérieur, ou de Stramberg, à T. janitor, l'horizon inférieur, ou calcaire de Rogoznik, etc. Le premier a incontestablement des caractères crétacés dominants ; dans le second, au contraire, l'aspect jurassique prédomine. Qu'en faut-il conclure? M. Pictet pense que, dans l'état actuel de la géologie, à l'heure où les passages entre les formations consécutives vont se multipliant de plus en plus, il faut se déshabituer de considérer comme une anomalie les faits signalés dans la région des Alpes; car l'anomalie résulte seulement de ce qu'on a considéré comme normale la série anglo-française, tandis que la classification eût, dès l'origine, été tout autre si, au lieu de commencer l'étude du néocomien et du jurassique par le bassin anglo-français, on l'avait abordée par la zone qui s'étend du Dauphiné aux Carpathes.

PROVENCE et LANGUEDOC. — La difficulté de délimitation de la formation jurassique s'étend aussi à la Provence, où elle fait, depuis quelques années, l'objet de nombreuses discussions. M. Coquand (3) s'est donné pour mission de démontrer que la Provence possède les étages corallien, kimméridien et portlandien. Cette conclusion n'est pas acceptée par M. Hébert, qui, jusqu'ici, n'a reconnu dans le midi aucun étage jurassique supérieur au corallien, lequel même ne serait guère représenté qu'à Escragnolles.

---

(1) *Bull Soc. géol.*, XXVII, 107.
(2) Rapport à la session de 1869 de la Soc. helvétique des sciences naturelles.
(3) *Revue de géologie*, VIII.

M. Vélain (1), de son côté, établit qu'au col de Chaudon les calcaires compactes oxfordiens à Ammonites polyplocus sont recouverts directement par les bancs à Terebratula janitor, lesquels se relient intimement au néocomien à Ammonites ferrugineuses. Cependant, M. Dieulafait (2) croit devoir distinguer entre Grenoble et la Méditerranée, deux zones : l'une occidentale, où les calcaires à Terebratula janitor et Ammonites ptychoïcus reposent directement sur l'oxfordien à Amm. tenuilobatus; l'autre orientale, où les mêmes assises sont séparées de l'oxfordien par 250 mètres environ de calcaires et de dolomies avec Rhynchonella astieriana au milieu, que couronnent 20 mètres de calcaires siliceux à Terebratula moravica. Or, M. Dieulafait ne méconnait pas les affinités jurassiques bien caractérisées de cet ensemble de dolomies et de calcaires.

M. Coquand (3) va plus loin encore. Avec M. Boutin, il signale dans les cantons de Ganges (Hérault), Saint-Hippolyte et Sumène (Gard), un étage de calcaires blancs et lithographiques contenant beaucoup de nérinées avec les Diceras Escheri, D. Lucii, D. arietina, D. suprajurensis, Terebratula moravica, T. humeralis, T. subsella, Cidaris glandifera, Apiocrinus Meriani. Cet étage contient la faune du mont Salève, de l'Échaillon, d'Angoulins, de Tonnerre. M. Coquand le rapporte au kimméridien, inférieur et supérieur. Il est vrai que M. Hébert (4) conteste les identifications de fossiles faites par M. Coquand, et fait observer, en outre, qu'il résulterait seulement de leur exactitude l'assimilation des calcaires en question au séquanien, et que, par suite, le kimméridien proprement dit et le portlandien continueraient à faire défaut, car les calcaires blancs de Ganges sont recouverts directement par les couches néocomiennes.

Plus récemment M. Coquand (5) a annoncé la découverte, dans le Var et les Alpes maritimes, de trois stations fossilifères incontestablement kimméridiennes, avec Ostrea virgula et Ammonites rotundus. Il ajoute que le calcaire à Diceras Lucii fait bien réellement partie du jurassique supérieur et que, dans les environs de Nice, il contient, avec des nérinées, les Acrocidaris tuberculosa et Ostrea virgula. Il ne reste qu'à souhaiter la confirmation définitive de cette découverte, qui jetterait une nouvelle lumière sur l'âge des couches du Salève et de la Gallicie.

(1) *Bull. Soc. géol.*, XXVII, 673.
(2) *Bull. Soc. géol.*, XXVII, 649.
(3) *Bull. Soc. géol.*, XXVI, 834.
(4) *Bull. Soc. géol.*, XXVII, 107.
(5) *Bull. Soc. géol.*, XXVII, 499.

TERRAIN CRÉTACÉ INFÉRIEUR.

ANGLETERRE. — SPEETON. — M. Judd (1) a cherché à retrouver, dans l'argile de la falaise de Specton, les divers étages du terrain néocomien du continent. Cette argile, puissante de plus de 160 mètres, peut être divisée en trois zones, auxquelles M. Judd applique les noms de néocomien inférieur, néocomien moyen, néocomien supérieur. Le tableau suivant fait connaître la distribution des fossiles :

		métr.	
Néocomien supérieur (Aptien, Rhodanien).	Argiles bleues et argiles d'un bleu foncé. . . .	40	Nautilus plicatus, Belemnites semicanaliculatus, Ammonites Deshayesi, Amm. Nisus, Ancyloceras grande, Ostrea aquila, O. Leymeriei, Plicatula placunæa, Astarte laticosta, Terebratula sella.
	Couches à ciment.	10	
Néocomien moyen (Urgonien, Barrémien).	Argiles d'un bleu foncé avec quelques fossiles (zone à pecten cinctus).	27	Belemnites semicanaliculatus, Ammonites crassicostatus, Amm. angulicostatus, Crioceras Duvalii, C. Emerici, Ostrea macroptera, O. Aquila, etc.
	Argile bleue avec fossiles.	13	
	Argiles avec septaria. .	10	
Néocomien inférieur (néocomien, valenginien).	Argiles bleues (zone à Amm. speetonensis). .	33	Ostrea aquila, Amm. nisus, Crioceras Puzosianum, C. Duvalii, C. Emerici.
	Argiles bleues (zone à Amm. noricus.	17	Ancyloceras Puzosianum.
	Argiles bleues pyriteuses (zone à Ammon. Astierianus) nodules phosphatés.	17	Amm. multiplicatus (A. bidichotomus), Toxaster complanatus, Ostrea Couloni.

Quant aux couches qui recouvrent cet ensemble. M. J.-A. Meyer (2) a pu constater en un point que la craie rouge à Terebratulina rigida, T. striata et Terebratula biplicata passe, par des couches à Vermicularia Phillipsii, à l'argile rouge pâle du gault, épaisse de $0^m,60$, avec Inoceramus sulcatus et Belemnites minimus. Cette argile elle-même passe graduellement à une argile noire à Belemnites semicanaliculatus (néocomien supérieur de M. Judd).

HUNSTANTON. — La localité d'Hunstanton est connue par l'existence d'un dépôt particulier, que les géologues anglais désignent sous le nom de *craie rouge*. M. Wiltshire (3) a reconnu que

(1) *Geol. Society*, XXVI, 326.
(2) *Geol. Mag.*, VI, 13.
(3) *Geol. Society*, 10 février 1869.

cette craie, séparée de la craie blanche à inocérames par une couche de craie blanche avec Siphonia paradoxica, repose sur un dépôt de sable jaune grossier, argileux à sa base, contenant un lit de nodules à Ammonites Deshayesi et des grains de minerai de fer comme ceux du grès vert inférieur de l'île de Wight. L'opinion de l'auteur est que la base de la craie rouge représente le gault, qui d'ailleurs, sous la forme d'argile bleue, contient à peu près autant de fer que la craie rouge.

Depuis, la falaise de Hunstanton a fait l'objet d'une excursion géologique dirigée par M. le professeur Morris (1). Il a été constaté que la base de la falaise, reposant sur l'argile de Kimmeridge, est formée par une couche ferrugineuse, assez dure pour être exploitée comme pierre de constructions, et où l'on observe le lit de nodules avec Amm. Deshayesi, Amm. Cornuelianus et Perna Mulleti. Ces fossiles, que M. Wiltshire considère comme étant en place, sont regardés par M. Judd comme un remaniement des couches néocomiennes. La craie rouge, épaisse de 1m,50 environ, abonde en cailloux plus ou moins roulés de quartz et autres roches. On y trouve les Terebratula biplicata, Belemnites attenuatus, B. minimus, Amm. auritus, Amm. lautus.

Il semble bien, d'après cette dernière énumération, qu'il ne peut y avoir de doute sur l'identité de la craie rouge avec le gault.

ILE DE PURBECK. — M. Judd (2) a signalé, au sommet du terrain wealdien, dans l'île de Purbeck, une série fluvio-marine qu'il croit devoir distinguer sous le nom de *formation de Punfield*.

Son épaisseur dépasse 50 mètres : elle renferme plusieurs bancs marins contenant plus de quarante espèces fossiles bien définies, dont beaucoup sont nouvelles pour l'Angleterre. Une formation analogue, mais moins fossilifère, se rencontre dans l'île de Wight.

La formation de Punfield paraît se rapporter à la partie supérieure du néocomien moyen. Sa faune a des analogies très-étroites avec celle du terrain crétacé à lignites de l'Espagne orientale. Ainsi, sur 60 ou 70 espèces espagnoles, 39 ou 40 se retrouvent en Angleterre.

ANGLETERRE ET ALLEMAGNE DU NORD.—M. Judd (3) a entrepris la comparaison du terrain crétacé inférieur de l'Angleterre avec

(1) *Geol. Mag.*, VI, 427.
(2) *Geol. Society*, 8 février 1871.
(3) *Geol. Society.*, XXVI, 326.

les différents types de ce terrain connus dans l'Allemagne du Nord. Dans le Yorkshire aussi bien que dans le Brunswick, la série marine est complète, quoique moins puissante que dans le midi de la France.

L'uniformité des dépôts est frappante et, comme l'a remarqué M. Godwin-Austen, il est à croire qu'à l'époque crétacée le terrain paléozoïque formait une barrière qui interceptait toute communication directe entre le bassin anglo-allemand et le bassin parisien.

Le tableau suivant résume les synchronismes indiqués par M. Judd :

	YORKSHIRE.	LINCOLNSHIRE.	HELIGOLAND.	HOLLANDE.	WESTPHALIE.	HANOVRE.	HARTZ.	BRUNSWICK.
Gault (albien).	Roche rouge de Hunstanton.			?	Grès rouges avec diverses argiles, comprenant les marnes flambées (Flammenmergel).	Argiles du Gault renfermant les Flammenmergel et les sables du Quader inférieur.		Argiles du gault avec les Flammenmergel.
Néocomien supérieur (Aptien, Rhodanien).	Néocomien supérieur de Speeton.	Sables supérieurs?	Manque.	?	Grès ferrugineux supér. d'Ochtrup. Argile d'Ahaus.	Grès du Hils. Argiles du Hils (partie supérieure.)	Quader inférieur subhercynien. ? Argiles d'Ocker.	Argiles marneuses blanchâtres (marnes de Gargas, Strombeck). Argiles foncées (zone à Amm. Martini). Argiles bleu foncé, sans fossiles.
Néocomien moyen (Urgonien Barrémien).	Néocomien moyen, de Speeton.	Série de Tealby, argiles calcaires et minerais de fer oolithique avec quelques fossiles.	Manque.	Grès jaune ferrugineux de Loesser.	Argiles foncées avec Belemnites jaculum. Grès calcaire de Bentheim et de la forêt de Teutoburg avec argiles et fer oolithique.	Partie infér. de l'argile du Hils. Fer oolithique de Steinlahde, d'Osterwald, de Hils. Conglomérat du Hils (en partie).	Argiles, calcaires, sables et fers oolithiques du pied nord du Hartz.	Argile bleu foncé, tenace (argile de Speeton, Strombeck). Argile bleu foncé (zone à Crioceras Emerici). Argile à Exogyra sinuata (zone à O. aquila, Strombeck).
Néocomien inférieur (Néocomien valenginien).	Zone à Ammonites Speetonensis. Z. à Amm. noricus. Z. à Amm. Astierianus.	Sables et grès inférieurs.	Toeck argile noire bitumineuse (Amm. Speetonensis). Manque.	?	Couches lacustres (Wealdien du nord de l'Allemagne).	Schistes d'Elligser Brücke.		Argiles sans fossiles, calcaires et marnes sableuses fossilifères. Conglomérat du Hils (en partie).

Corbières, Pyrénées. — Nous avons parlé des alternances plusieurs fois répétées que MM. Leymerie et Coquand signalent dans la région pyrénéenne entre les faunes des divers étages du terrain crétacé inférieur, alternances qui ont engagé M. Leymerie à réunir ces étages en un seul groupe, le groupe du grès vert ou urgo-aptien, dans lequel M. Leymerie comprend aussi l'albien (1).

M. H. Magnan (2) est d'un avis tout différent. Il annonce avoir constaté, dans une coupe dirigée de Tuchan à Rivesaltes, perpendiculairement à la direction moyenne des Corbières, l'existence d'un système de couches, puissant de 1.500 mètres, avec calcaires marmoréens, calcschistes et schistes, contenant des caprotines, des huitres et quelques fossiles de l'albien ou gault, Nucula bivirgata, Discoïdea conica, Belemnites minimus, etc. Ce système représente à ses yeux l'albien, car il repose sur l'aptien.

En outre, M. Magnan a reconnu dans les Pyrénées Orientales l'existence de nombreuses failles et de plissements qui ramènent plusieurs fois les mêmes couches dans des positions diverses de manière à ce qu'on puisse se méprendre sur leur succession.

Pour lui, chacun des étages néocomien, aptien, albien a sa faune et sa lithologie particulières et, malgré quelques fossiles communs, ils ne sauraient être confondus en un seul groupe.

Provence. — M. Coquand (3) reconnait dans le groupe urgo-aptien de la montagne de la Clape, trois systèmes, dont l'inférieur, dit le calcaire à chama, correspond à l'étage urgonien des géologues et au calcaire à dicérates de Dufrénoy. Le second, formé de calcaires et d'argiles avec Orbitolites et Plicatula placunæa, correspond à l'étage inférieur des géologues suisses, à celui de Fondouille, près de Marseille; le troisième, consistant en un second niveau de calcaire à chama, et contenant les mêmes fossiles, correspond au deuxième niveau de calcaire à Requienia Lonsdalei de la Sainte-Baume.

Aragon. — D'après M. Coquand (4), la formation crétacée inférieure, dans la province de Téruel, est constituée de la manière suivante :

---

(1) *Revue de géologie*, t. VIII.
(2) *Comptes rendus*, 7 mars 1870.
(3) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVI, p. 187.
(4) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVI, p. 141.

Étage albien ou gault, avec Thetys : 4 mètres.

Étage aptien.	C. Sables et argiles bariolées à Bel. semicanaliculatus et Plicatula placunæa. Troisième niveau des lignites d'Utrillas. Équivalent des marnes à plicatules de Vassy et de Gargas. Puissance : de 4 à 180 mètres.
	B. Calcaire à Trigonies ou Rhodanien supérieur. — Grès ferrugineux, calcaires ferrugineux, argiles sableuses. — Trigonia caudata, T. Hondaana, Pseudodiadema Malbosi, Ostrea aquila, O. Pasiphae, O. pes-elephantis, O. Leymeriei. Orbitolina lenticularis. Deuxième niveau des lignites d'Utrillas. — 30 à 160 mètres.
	A Urgonien et Rhodanien en partie. — Calcaires, grès et marnes. Orbitolina lenticularis, Requienia Lonsdalei, Nerinæa Archimedis, Heteraster oblongus, O. Leymeriei, O. aquila. Premier niveau des lignites; Jayet d'Utrillas. — 150 mètres.

L'étage néocomien à spatangus retusus ne paraît pas représenté dans cette région.

M. Coquand insiste sur la distinction des trois niveaux de lignite : c'est faute de l'avoir reconnue que d'autres géologues ont été conduits à ranger la principale masse des charbons d'Utrillas dans l'urgonien à Requienia, auquel elle est supérieure.

Jura Vaudois. — M. de Loriol (1) a étudié la composition de l'étage valangien à Arzier, dans le Jura vaudois.

Les couches inférieures sont formées de calcaires blanchâtres, compactes, exploités comme pierres de taille; les fossiles y sont très-rares; à peine trouve-t-on quelques moules de Natica Leviathan. Ces calcaires sont surmontés par des marnes bleues ou jaunâtres, dites marnes d'Arzier, très-fossilifères et puissantes de 4 mètres au plus. Au-dessus viennent 3 ou 4 mètres de calcaires jaunes, fissiles, très-durs, correspondant à la limonite valangienne.

L'auteur a recueilli 112 espèces fossiles, dont 36 nouvelles : parmi les espèces déjà connues, les unes appartiennent au néocomien moyen : ce sont les Cardium subhillanum, Astarte elongata, Opis neocomiensis, Lithodomus oblongus, Janira atava, Ostrea Boussingaulti, O. Couloni, Pseudodiadema Bourgueti, etc. D'autres sont essentiellement propres aux couches valangiennes : ce sont les Natica Sautieri, Pholadomya valangiensis, Acrocidaris minor, Cidaris pretiosa, etc.

De cette association il y a lieu de conclure que les couches valangiennes, dont on a fait longtemps un groupe particulier, se relient intimement au néocomien moyen. M. de Loriol est même disposé à regarder l'étage valangien comme un faciès local du terrain néocomien, développé dans le Jura vaudois synchroniquement avec les dépôts du néocomien moyen de la Haute-Saône et de l'Yonne.

(1) *Monographie des couches de l'étage valangien des Carrières d'Arzier*, 1868. — *Bull. Soc. géol.*, t. XXVI, p. 274.

HAUTE SILÉSIE. — Le terrain crétacé inférieur de la haute Silésie comprend, d'après M. F. Roemer (1), la série suivante :

I. *Gault.* Puissants dépôts des Carpathes, épais de plus de 1.000 mètres (grès de Godula d'Hohenegger).

II. *Néocomien*, subdivisé en :

4. Couches de Werndorf (urgonien, partie de l'aptien) : 100 à 150 mètres. — Marnes noires et schistes à sphérosidérite. Scaphites Ivanii, Crioceras Puzosianum, Belemnites dilatatus, Aptychus Didayi.
3. Schistes de Teschen et grès de Grodischt.
2. Calcaire de Teschen, avec fucoïdes à la base.
1. Schistes inférieurs de Teschen, puissants de 400 mètres, avec Aptychus et Belemnites.

TERRAIN CRÉTACÉ SUPÉRIEUR.

ANGLETERRE. — M. Whitaker (2) a suivi les changements de composition de la craie sur la côte de Sussex : cette formation comprend, de haut en bas, les divisions suivantes :

1. Craie à silex, sur une grande épaisseur.
2. Craie à silex, avec couches noduleuses.
3. Craie sans silex, avec couches noduleuses.
4. Craie massive sans silex en lits épais.
5. Craie sans silex en lits minces, avec couches marneuses.
6. Chalk-marl sur 15 à 20 mètres.

Dans la partie méridionale des comtés de Dorset et de Devon, la série est la même qu'à l'île de Wight, c'est-à-dire :

1. Craie à silex, très-épaisse.
2. Craie avec peu de silex.
3. Chalk-rock (peu d'épaisseur).
4. Craie sans silex.
5. Chalk-marl.

Le chalk-marl s'amincit vers l'ouest et sa base s'y charge de quartz. La craie sans silex, qui a environ 70 mètres à l'île de Wight, n'en a plus que 10, ou même moins, dans le Devonshire,

MAINE. — M. Guillier (3) a cherché à préciser la position des couches qui, au Mans, représentent la craie de Rouen.

La solution de la difficulté résulte, suivant lui, de la comparaison des trois coupes ci-jointes :

(1) *Geologie von Oberschlesien.* Breslau, 1870.
(2) *Geol. Society*, 21 décembre 1870.
(3) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVII, p. 441.

Environs de Nogent.	Environs du Mans.	Environs de Saint-Ulphace, Théligny, Lamnay.
1. Sables ferrugineux.	1. Sables ferrugineux.	1. Sables ferrugineux.
2. Craie à scaphites æqualis et Ammonites rotomagensis.	2. A. Bancs de la Butte, à Amm. rotomagensis et Trigonies, commençant par le banc dit de Jalais.	2. A. Craie à scaphites æqualis et Amm. rotomagensis.
	2. B. Bancs de la Gare et de la Trugalle à Lima Reichenbachii et Anorthopygus orbicularis.	2. B. Bancs de Condrecieux et Lamnay à Lima Reichenbachii et Anorthopygus orbicularis.
3. Craie glauconieuse et glauconie à Pecten asper et Ostrea vesiculosa.	3. Sables glauconieux et glauconie.	3. Craie glauconieuse et glauconie à Pecten asper et Ostrea vesiculosa.

SUD-OUEST DE LA FRANCE. — M. Arnaud (1) établit ainsi qu'il suit la série des couches de la craie du sud-ouest de la France :

Craie moyenne.	h'.	Bancs à Hippurites cornuvaccinum et Sphærulites sinuatus.
	h.	Calcaire à Radiolites lumbricalis.
	g.	Calcaires à Sphærulites Boreani et S. Salignacensis.
	f.	Calcaires lithographiques à Periaster oblongus.
Craie inférieure.	e'.	Bancs à Ammonites peramplus et Amm. Rochebruni.
	e.	Argiles et marnes à Ostrea columba.
	d.	Calcaire marneux à Terebratella carentonensis.
	c'.	Banc supérieur à Ichthyosarcolites.
	c.	Argiles et grès.
	b.	Banc inférieur à Ichthyosarcolites.
	a.	Argiles et grès inférieurs.

Les couches *a*, *b*, *c*, *c'* ne sont développées que dans la partie nord-ouest du bassin. La couche *d*, commune à tout le bassin, marque une période d'enfoncement qui fait arriver les sédiments au sud-est avec une plus grande épaisseur : *e'* n'existe qu'au nord-ouest ; enfin *h* et *h'* ne sont que deux faciès, l'un, *h*, oriental, l'autre, *h'*, occidental, d'une même assise.

Les assises inférieures se rattachent, par leur faune, au grès du Mans : les grès et bancs inférieurs à Ichthyosarcolites contiennent les Sphærulites foliaceus et S. triangularis.

PYRÉNÉES, VALLÉE D'OSSAU. — M. Coquand (2) a reconnu que la chaîne des pics qui surmontent les Eaux-Bonnes au sud-est, et parmi lesquels domine le pic de Ger, est constituée, non par du calcaire de transition, comme on l'avait cru, mais par des calcaires

(1) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVII, p. 18.
(2) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVII, p. 46.

crétacés à Hippurites organisans, H. cornuvaccinum, Sphærulites Sauvagesi, S. angeïodes, etc., qui reposent directement sur les talcschistes phylladiens.

BASSIN DE FUVEAU. — M. Matheron (1) a étudié les reptiles fossiles des dépôts fluvio-lacustres crétacés du bassin à lignites de Fuveau (2). Il signale, dans l'étage jaunâtre de la base, des chéloniens; dans l'étage de Fuveau, des chéloniens et des crocodiles, parmi lesquels Crocodilus Blavieri; à la base de l'étage de Rognac, un chélonien et un grand saurien; enfin, au sommet du même étage, des chéloniens, des crocodiles, de grands sauriens et un dinosaurien.

ARAGON. — M. Coquand (3) assigne la composition suivante à la formation crétacée supérieure dans la province de Téruel (Aragon):

	mètres.
Etage garumnien, grès et argiles rouges	70,00
E. campanien (lacustre). Calcaires à Lychnus Pradoanus	60,00
E. carentonien à Sphærulites foliaceus et Caprina adversa	80,00
E. rotomagien. Calcaires jaunes couronnant une lumachelle à Ostrea Overwegi, O. flabellata, Orbitolites conica	60,00

WESTPHALIE. — La craie de Westphalie offre du grès vert à des niveaux très-différents, depuis la hauteur du tourtia jusqu'à la base de la craie blanche. Le classement de ces dépôts, quand on les rencontre séparément, peut donc présenter quelques difficultés. Le gisement de grès vert de Rothenfelde, dans le prolongement nord-ouest de la forêt de Teutoburg, a attiré l'attention de M. Schloenbach (4). La roche est un calcaire marneux avec de petits grains de glauconie, intercalé au milieu du plænerkalk. M. Schloenbach y a reconnu 22 espèces fossiles, parmi lesquelles : Cidaris subvesiculosa, C sceptrifera, Micraster cortestudinarium, M. breviporus, Echinocorys gibba, Rhynchonella Cuvieri, R. plicatilis, Terebratulina rigida, Ostrea lateralis, Spondylus spinosus, Janira quinquecostata, etc. 16 espèces sur 22 sont communes au dépôt de Rothenfelde et à la zone des Scaphites Geinitzi et Spondylus spinosus. C'est donc à cette zone, malgré l'absence des scaphites et des autres céphalopodes, qu'il convient de rapporter le dépôt en question.

(1) *Bull. Soc géol.*, t. XXVI, p. 781.
(2) *Revue de géologie*, t. VIII.
(3) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVI, p. 144.
(4) *Neues Jahrb.*, 1869.

SCANDINAVIE. — Le calcaire de Saltholm avait été regardé autrefois comme plus ancien que la craie de Meudon. Depuis, M. Hébert, à la suite d'observations faites en 1865, l'avait placé au-dessus de cette craie, à la hauteur des couches d'Ignaberg et de la craie grise de Ciply. Enfin MM. Johnstrup et Lundgren avaient reconnu qu'à Limnhamn, en Scanie, quelques couches de ce calcaire reposent sur la craie de Faxoe. Après un nouveau voyage dans cette contrée, M. Hébert (1) a reconnu qu'en d'autres points c'est la craie de Faxöe qui recouvre le calcaire de Saltholm: en sorte que cette roche devrait être considérée comme un faciès particulier aussi bien de la craie de Faxoe que du *limsteen*, et que les trois dépôts ensemble appartiendraient à la même série que la craie de Maestricht (2).

HAUTE SILÉSIE. — Le terrain crétacé supérieur de la haute Silésie forme, d'après M. F. Roemer (3), plusieurs districts séparés. Dans celui des monts Beskides, compris entre Eschen, Skotschau, Bielitz, Kentz et Wadowice, il est représenté par les marnes à baculites de Friedeck et les couches de Baschka. Les premières sont des marnes calcaires sableuses, avec Baculites Faujasii. Les dernières sont un grès avec marnes et silex, contenant des inocérames et des aptychus.

Dans le district d'Oppeln et de Leobschütz, on observe la série suivante, de haut en bas :

1° Grès de Dambraw (sénonien) à Exogyra, Mytilus, Baculites anceps, Callianassa Faujasii ;

2° Marnes turoniennes avec brachiopodes, lamellibranches, gastéropodes, céphalopodes et poissons, représentant le Plæner de la Saxe et de la Bohême ;

3° Sables blancs et grès à Exogyra columba ; leurs fossiles concordent avec ceux du Quadersandstein de Saxe et de Bohême ;

4° Grès et sables glauconieux, avec ammonites rotomagensis, Turrilites costatus, etc.

Enfin, à l'est des collines jurassiques de la Pologne, on observe des marnes blanches à silex avec Belemnitella mucronata, surmontant des grès sénoniens, peu glauconieux.

GALICIE. — Les couches crétacées de Lemberg et de Nagorzany,

---

(1) Lettre à M. Davidson. — *Geol. Mag.*, t. VII, p. 48.
(2) *Revue de géologie*, t. VIII.
(3) *Geologie von Oberschlesien*. Breslau, 1870.

dans la Gallicie orientale, présentent une riche faune dont l'étude a été faite récemment par M. Ernest Favre (1). Les mollusques y forment 170 espèces, dont 64 sont connues hors de la Gallicie et fixent d'une manière positive l'âge de ce terrain, qu'il convient de rapporter à la partie supérieure de la craie, à Belemnitella mucronata. Parmi les fossiles rencontrés, nous citerons : Bel. mucronata, Nautilus Dekayi, Ammonites Gardeni, Baculites Faujasi, Pecten Nilssoni, Janira quadricostata, J. striatocostata, Ostrea vesicularis, O. larva, Magas pumilus, Terebratula carnea, Rhynchonella limbata.

Les plus grandes analogies de la craie de Gallicie sont avec celle de Haldem en Westphalie.

ARABIE PÉTRÉE. — M. Bauerman (2) a étudié les roches crétacées de l'Arabie Pétrée, entre Suez et la partie inférieure du Wady Ferran. Ces roches sont formées par du sable vert alternant avec de minces couches de calcaire argileux ; elles sont recouvertes par le calcaire à hippurites. L'ensemble de ces formations a fourni à M. Martin Duncan les fossiles suivants : Heterodiadema Lybicum, Discoïdea subucula, Epiaster distinctus, Pseudodiadema variolare, Pecten asper, Ostrea auressensis, Exogyra Overwegi, Caprotina Toucasiana, etc. En somme, sur 25 espèces, 15 ont été déjà décrites par M. Coquand en Kabylie et en Égypte; 8 sont des formes européennes.

NEW-JERSEY. — Le grès vert du New-Jersey a fourni à M. Marsh (3) plusieurs formes nouvelles du type Mosasaurus, qui caractérise les reptiles du terrain crétacé d'Amérique, tandis qu'en France les reptiles crétacés appartiennent plutôt aux ichthyosaures et aux plésiosaures. Ces fossiles ont été nommés par l'auteur Mosasaurus princeps, M. Copeanus, M. Meirsii, Baptosaurus platyspondulus, Halisaurus fraternus.

M. Marsh (4) a également découvert dans le grès vert du New-Jersey des ossements d'oiseaux fossiles, appartenant à cinq espèces nouvelles : Leornis Edwardsianus, Palæotringa littoralis, P. vetus, Telmatornis priscus, T. affinis. Ces ossements sont tous minéralisés, et dans le même état de conservation que les restes de reptiles auxquels ils sont associés.

---

(1) *Bull. Soc. géol.*, t. XVVII, p. 291.
(2) *Geol. Society*, 9 décembre 1868.
(3) *Americ. Journ.*, t. XLVIII. — *Geol. Mag.*, t. VII, p. 376.
(4) *Americ. Journ.*, t. XLIX. — *Geol. Mag.*, t. VII, p. 377.

TERRAINS NÉOZOÏQUES.

TERRAIN TERTIAIRE.

Etage éocène.

ANGLETERRE. PORTSMOUTH. — Des travaux récemment exécutés à Portsmouth ont mis à découvert des couches éocènes sur une épaisseur de plus de 40 mètres. M. J. A. Meyer (1) y a reconnu, de haut en bas :

	mètres.
Argiles à cyprina et argiles sableuses	18,00
Sables à Lingula	3,00
Sables argileux à Dentalium	8,00
Argiles et sables avec pyrites	12,00

Les sables à lingules présentent un très-curieux mélange des espèces de l'argile de Londres avec celles qui ordinairement caractérisent des couches inférieures ou supérieures.

M. Gwyn Jeffreys a fait remarquer, à cette occasion, la curieuse persistance du type lingulé depuis l'époque silurienne jusqu'à nos jours. Du reste, il paraîtrait que la vraie nature de cet animal est encore l'objet de quelques doutes : il y a des naturalistes qui le rangent parmi les annélides au lieu de le classer avec les mollusques.

ANGLETERRE ET NORMANDIE. — M. Whitaker (2) a comparé les dépôts éocènes des environs de Dieppe avec ceux de Newhaven dans le Sussex. Selon lui, l'argile de Londres existe auprès de Dieppe et recouvre une masse de sable, représentant les couches de Oldhaven dans le Kent. Au-dessous de ce sable viennent les argiles coquillières à faune d'estuaire correspondant aux couches de Woolwich. A Newhaven, le sable fait défaut; mais les argiles de Woolwich sont très-développées.

M. Whitaker fait remarquer que les sables de Dieppe, étant au-dessus des argiles de Woolwich, ne sauraient correspondre aux sables de Thanet.

(1) *Geol. Society*, 21 décembre 1870.
(2) *Geol. Society*, 22 mars 1871.

ENVIRONS DE PARIS. — M. Planté (1) a insisté sur l'existence, dans l'argile plastique de Paris, de deux niveaux de lignites pyriteux. Le premier se trouve constamment au sommet de la formation ; le second est à la base, au-dessous des argiles panachées. Dans ce dernier, l'auteur a recueilli de nombreux ossements d'animaux vertébrés, mammifères, oiseaux, reptiles, etc., qui offrent la plus grande ressemblance avec les espèces des lignites du Soissonnais. Le banc supérieur n'a jusqu'à présent fourni, dans les environs de Paris, aucun reste de vertébré.

BORDELAIS. — M. Linder (2) croit qu'il n'y a pas lieu de diviser, comme le fait M. Matheron (3), le calcaire grossier de Blaye en deux étages. En effet, l'Echinolampas stelliferus, considéré comme caractéristique du calcaire grossier inférieur, existe dans toute la hauteur du rocher de la citadelle. La faune du calcaire inférieur s'observe, mêlée à celle du calcaire supérieur, dans plusieurs carrières des environs de Blaye. Enfin, rien, dans les sondages profonds récemment exécutés dans le Médoc, n'indique une division du calcaire de Blaye en deux étages.

PYRÉNÉES. — M. Pouech (4) a étudié les poudingues tertiaires dits de Palassou dans le département de l'Ariége. Il a fait voir que ces poudingues, presque exclusivement composés de galets calcaires, bien arrondis, et étendus en vastes nappes, alternent avec des couches sédimentaires avec fossiles, en concordance parfaite, et se relient par elles aux couches nummulitiques éocènes qui leur servent d'appui. Ces poudingues ne pénètrent jamais dans l'intérieur de la chaîne pyrénéenne, et tout concorde à faire repousser l'origine glaciaire qui leur a été attribuée par M. Stuart Menteath (5).

VICENTIN. — M. Bayan (6) a publié une nouvelle classification des couches éocènes du Vicentin (7) :

(1) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVII, p. 204.
(2) *Actes de la Soc. Linn. de Bordeaux*, t. XXVII, p. 25.
(3) *Revue de géologie*, t. VII, p. 198.
(4) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVII, p. 267.
(5) *Bull. Soc. géol.*, t. XXV, p. 694.
(6) *Bull. Soc. géol.* t. XXVII, p. 444.
(7) *Revue de géologie*, t. VIII.

OLIGOCÈNE inférieur.	G. Calcaires à Cyphosoma de Sovizzo et de Val di Ezza. Breccioles de San Gonini, Salcedo. Marnes de la Laverda, avec assises intercalées de flysch.	Lignites de Salcedo.	Éruption basaltique de la Laverda et des Bragonze.
ÉOCÈNE.	F. Marnes à bryozoaires de Brendola. Couches à polypiers de Gambugliano et de Crosara.		
	E. Marnes à serpula spirulæa de Priabona, Colli Berici, etc. Calcaire glauconieux de Castelcies. Marnes bleues de la Valle Organa.		Roche basaltique des monts Euganéens.
	D. Calcaires à Licopedina de Lonigo. Couches à Halitherium de Priabona, Mossano, etc.		
	C. Calcaires et breccioles à Nerita Schmiedeli, Ronca, San Giovanni Ilarione. Calcaire glauconieux de Gallio.	Lignites de Bolca. Plantes et ossements de Ronca.	Basaltes de la Purga di Bolca et de Ronca.
	D. Breccioles à Rostellaria Fortisi de Ronca. Calcaire à Ranina. Système à alvéolines de Bolca et Postale? Couche à R. Bolcensis de Bolca?	Lignites des Puli? Plantes et poissons de Postale? Poissons de Bolca?	Basaltes inférieurs de Ronca.
	A. Couches à Rhynchonella polymorpha de Spilecco. Couches à Pentacrinus de Mossano.		Basaltes de Chiampo.

L'étage G paraît correspondre au gypse parisien. L'étage C contient des espèces du calcaire grossier et des sables moyens. Enfin l'étage A pourra trouver son analogue dans l'étage *rubien* de M. Leymerie (1).

Haute Silésie. — D'après M. F. Roemer (2), reproduisant la classification de Hohenegger, les dépôts nummulitiques des monts Beskides se divisent en deux groupes : le groupe supérieur, celui des *couches à ménilites*, comprend des schistes argileux aux couleurs vives, des lits minces de grès micacés et des schistes à ménilites. Le fossile distinctif est la Meletta crenata. Ce groupe correspondrait, d'après M. Mayer de Zurich, au tongrien supérieur.

Le groupe inférieur, celui des *couches à nummulites*, comprend des grès gris, du calcaire, des brèches, des schistes; le calcaire

(1) *Revue de géologie*, t. VI, p. 187.
(2) *Geologie von Oberschlesien*. Breslau, 1870.

compacte fait absolument défaut. On y trouve les Nummulina lenticularis, Chondrites Targionii, Chondrites imbricatus, c'est-à-dire les formes du flysch alpin.

Étage miocène.

Bassin de Paris. — M. Munier Chalmas (1) a reconnu en divers points, notamment à Palaiseau, à Jouy, entre Ormoy et Étampes, à la Ferté-Aleps, à Malesherbes, l'existence de la couche à Potamides Lamarckii. A la Ferté-Aleps, cette couche a fourni des restes d'Anthracotherium magnum, de Tragulotherium et de Palæotherium. En outre, dans une autre localité, deux assises à Potamides Lamarckii sont séparées par une couche marine à Cardita Basini, Cerithium plicatum, Cytherea incrassata, C. splendida, Lucina Heberti, c'est-à-dire contenant la faune marine d'Ormoy. Cette faune appartient donc à la base des calcaires de Beauce.

M. Tournouër (2) a étudié une nummulite découverte par M. Besançon dans les couches à Natica crassatina de Jeurres, à la base des sables de Fontainebleau ; c'est la première fois que les nummulites se rencontrent à cette hauteur dans le bassin de Paris; mais dans le sud-ouest de la France, on sait qu'il en existe plusieurs dans ce même étage, soit dans les marnes de Gaas, soit dans le calcaire à astéries. Ainsi se trouve justifiée l'assimilation des sables de Fontainebleau, tant au calcaire à astériés de la Gironde qu'aux couches de Castel-Gomberto (Vicentin) et au nummulitique supérieur des Alpes françaises.

Environs de Belfort. — M. Oustalet (3) a étudié, dans les environs de Montbéliard, les marnes miocènes déjà signalées par M. Parisot comme contenant deux espèces de poissons (Amphisyle Heinrichii, Meletta longimana), des foraminifères (Clavulina corrugata) et des plantes, les unes marines, les autres terrestres. Elles se relient à d'autres dépôts tertiaires faciles à observer à Châtenois, à Bourogne, et dont M. Oustalet établit ainsi qu'il suit le parallélisme avec les dépôts parisiens et ceux du val de Délémont, étudiés par M. Greppin :

(1) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVII, p. 692.
(2) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVI, p. 974.
(3) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVII, p. 380.

	Bassin de Paris.	Environs de Belfort et Montbéliard.	Val de Délémont.
Aquitanien.	Calcaires de Beauce.	Calcaires de Châtenois.	Calcaire de Saint-Imier, marnes et calcaires bigarrés. Grès à feuilles. Marnes noires.
Tongrien.	Grès d'Orsay et sables de Fontainebleau. Marnes à Cyrènes.	Grès de Bourogne et marnes à Meletta. Marnes à Cyrènes.	Faciès vaseux ou sableux. Marnes à Cyrènes.

M. Sauvage a ajouté aux poissons déjà décrits des marnes à Meletta deux espèces nouvelles, Meletta Parisoti, M. Sahleri.

Aquitaine. — M. Tournouër (1) a fait un recensement des échinodermes du calcaire à astéries de la Gironde et de l'Adour. Les espèces connues sont au nombre de vingt-deux représentant dix-sept genres; leurs principales analogies sont avec les échinodermes oligocènes du Vicentin. La distribution stratigraphique des espèces dans la masse de l'étage n'est pas facile à saisir. Cependant on cite l'Euspatangus Tournoueri et le Cœlopleurus Delbosi à la base, le Macropneustes Meneghinii au milieu et la Scutella striatula au sommet.

— On doit aussi à M. Tournouër (2) une classification du miocène inférieur de Lot-et-Garonne :

Oligocène supérieur.	Calcaires de Marsac et Férussac à Hélix Larteti, H. aureliana. — Mollasses.	Calcaire à hélices d'Orléans, niveau de Sansan.
	Calcaire gris de l'Agenais (Helix subglobosa.)— Mollasses. — Marnes.	
	Calcaire blanc d'Agen à Helix Ramondi, Cyclostoma antiquum.	Meulières de Montmorency, calcaire de Trappes à H. Ramondi.
Oligocène moyen.	Mollasse de Hautes-Vignes à Anthracotherium minimum. . . . . Meulières de Montbabus. . . . . Mollasses de l'Agenais à Anthr. magnum, Paloplotherium (Villebramar, Tournon, Moissac).	Calcaire à astéries et sables marins de Fontainebleau.
	Calcaire de Villeréal. Castillonnès, Mauvezin, Trental, Condesaigues (calcaire supérieur du Périgord).	Calcaire de Brie et marnes vertes.

C'est seulement au-dessous de ce système qu'apparaissent les restes du Palæotherium.

Provence. — M. Marion (3) a observé au mont Perrin, près

(1) *Actes de la Soc. Linn. de Bordeaux*, t. XXVII, 1870.
(2) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVI, p. 983.
(3) Communication directe de l'auteur.

d'Aix, dans la mollasse à ostrea crassissima, un mélange entre les fossiles marins et ceux d'eau douce; Unio, Anodonta, etc. En un point même la mollasse est couronnée par des couches calcaréo-marneuses à lymnées, physes, planorbes, néritines et helix appartenant à des espèces nouvelles. Les argiles à ostrea crassissima du mont Perrin sont surtout caractérisées par un crustacé décapode brachyure, que M. Marion décrit sous le nom de Macrophthalmus aquensis, en le comparant à une espèce actuelle de la mer Rouge.

VICENTIN. — On doit à M. Bayan (1) une étude nouvelle des assises miocènes du Vicentin, que l'auteur classe de la manière suivante :

Miocène.	K. Conglomérats d'eau douce de Maser. — Sables d'Asolo. — Lignites d'Asolo.	
	J. Marnes bleues d'Asolo, Romano, etc.	
	I. Calcaire à nullipores, mollasse à pecten et scutelles de Schio, Malo, Altavilla.	
Oligocène supérieur.	H. Couches à macropneustes de Monte Spiado. Brecciole de Castel Gomberto.	Eruption basaltique du Monte Castellaro.

L'étage H est caractérisé par les Trochus Lucasi, Natica crassatina, Macropneustes Meneghinii.

DALMATIE, CROATIE, ESCLAVONIE. — Il existe en Dalmatie, à Miocic près de Dernis, Ribaric près de Verlicca et Turjak, des formations d'eau douce dont la faune a été étudiée par M. Neumayr (2). Il y a reconnu : Melanopsis pygmæa, Bythinia tentaculata, Litorinella ulvæ, Neritina Grateloupana, Helix turonensis, H. subcarinata, Limnæus subpalustris, Planorbis cornu, P. applanatus, Amnicola immutata, c'est-à-dire la faune miocène des couches à Congeria du bassin de Vienne. Les types tropicaux et américains font défaut, trois espèces appartiennent à la faune actuelle.

Les couches à Congeria se retrouvent aussi en Croatie et dans les confins militaires de l'Esclavonie, près de Gradiska. Leur faune comprend trente-cinq espèces, dont treize sont identiques avec celles des couches à Congeria de Vienne (Congeria subglobosa, C. spathulata, C. triangularis, Melanopsis decollata, Vivipara concinna, Bythinia tentaculata, etc.), et quatre se retrouvent dans la faune actuelle. Comme en Dalmatie, les formes caspiennes manquent et le caractère de la faune est plutôt celui des lacs intérieurs.

(1) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVII, p. 444.
(2) *Jahrb.*, *d. K. K. g. R.*, t. XIX, p. 355.

Haute Silésie. — Voici, d'après M. Roemer (1), la composition du terrain miocène dans la haute Silésie.

Groupe supérieur : sables blancs et argiles, avec minerai de fer, près de Kieferstædtel et de Stanitz, Lignite. Restes de Prox furcatus (forme indienne). Les dépôts d'eau douce ou saumâtre (couches à cérithes et à congeria de Vienne) font défaut dans la haute Silésie.

Groupe inférieur : argile marine et calcaire de la Leitha (150 à 250 mètres). Argile gris bleuâtre, avec sables quartzeux contenant beaucoup de chaux. Équivalent de l'argile marine inférieure de Vienne, calcaire jaunâtre, très-fossilifère. On y trouve aussi du gypse et du sel gemme ; cet horizon est le même que celui de Wieliczka (2).

Étage pliocène.

Angleterre. Norfolk et Suffolk. — Depuis plusieurs années, les géologues anglais ont entrepris une étude approfondie des divers dépôts du crag, dont le caractère essentiellement local et variable rend la classification très-difficile (3). La difficulté portait principalement sur les rapports du crag du Suffolk avec le crag de Norwich. Grâce aux travaux de MM. Searles Wood, Harmer et Prestwich, cette question peut être considérée aujourd'hui comme résolue.

M. Prestwich (4) avait depuis longtemps divisé le crag rouge en deux assises : l'une, inférieure, à stratification oblique ; l'autre, supérieure, formée de sables passant à l'argile de Chillesford. Depuis lors, il a suivi vers le nord la division supérieure du crag rouge et l'a trouvée bien développée à Easton-Bavent et à Lowestoft, où des couches semblables à celles de Chillesford reposent sur le crag à mammifères de Norwich avec ses coquilles bien connues. Des traces du forest-bed se voient clairement sur l'argile de Chillesford, qui paraît passer au-dessous de la couche à éléphants et représenter une partie du forest-bed. Ainsi se trouverait bien justifiée la classification adoptée par sir Ch. Lyell. Quant aux distinctions fondées par MM. Wood et Harmer sur la présence ou l'absence de la Tellina solidula (balthica), M. Prestwich n'y attache pas une grande importance.

(1) *Geologie von Oberschlesien*. Breslau, 1870.
(2) *Revue de géologie*, t. VII, p. 202.
(3) *Revue de géologie*, t. VI, p. 197 ; t. VII, p. 205 ; t. VIII, p. 128.
(4) *Geol. Society*, 26 janvier 1870.

M. **Gwyn Jeffreys** a examiné pour M. **Prestwich** les coquilles du crag de Norwich : il constate qu'on trouve dans le crag du Norfolk beaucoup d'espèces arctiques qui n'existent pas dans celui du Suffolk. Si donc le crag de Norwich est contemporain d'une partie du crag du Suffolk, ce doit être de la partie supérieure, et il correspond à un refroidissement de la température. Sur 140 espèces de coquilles trouvées dans le crag de Norwich, 123 sont des espèces actuelles, dont 101 vivent dans les mers britanniques, 12 dans les mers arctiques, 8 dans la Méditerranée et 2 dans l'océan Asiatique.

Mais le travail le plus important, à cause de l'adhésion presque unanime qu'il a rencontrée, est celui de MM. A. et R. **Bell** (1). Ces observateurs croient d'abord que les raisons sur lesquelles on s'est souvent appuyé pour éliminer de la faune du crag telle ou telle coquille comme étrangère au dépôt sont généralement mal fondées. Selon eux, le crag, rouge ou corallien, présente, dans le mode d'accumulation et l'état de conservation de ses coquilles, des caractères identiques avec ceux de tous les fonds de mer actuels.

De plus, les noms adoptés pour désigner les divers dépôts du crag paraissent défectueux à MM. **Bell**, qui proposent les noms et délimitations suivants :

1° *Série préglaciaire, ou de Chillesford*, comprenant les sables et argiles de Chillesford, le forest-bed et tous les dépôts compris entre le crag supérieur et les couches glaciaires inférieures ;

2° *Crag supérieur*, comprenant le crag fluvio-marin de Norwich et la partie supérieure du crag rouge de Suffolk ;

3° *Crag moyen* ou crag rouge proprement dit ;

4° *Crag inférieur*, ou crag corallien.

Le crag moyen se composerait des dépôts commençant à Walton-on-the-Naze et s'étendant, vers l'ouest jusqu'à Bentley, vers l'est jusqu'à Butley-Abbey et Hollesley. Il est à remarquer, suivant MM. **Bell**, que les points où l'on constate le plus de fossiles communs entre le crag moyen et le crag inférieur sont toujours très éloignés les uns des autres, tandis que c'est dans les gisements où les deux crags s'observent ensemble que les faunes respectives offrent le plus de dissemblance.

Le crag supérieur serait formé des lits supérieurs du crag rouge, du crag scrobiculaire de Chillesford, du crag fluvio-marin et des crags marins de la série de Norwich.

Le crag rouge présente, paraît-il, suivant les cas, deux faciès

(1) *Geol. Mag.*, t. VII, p. 256.

différents : celui d'un dépôt d'eau profonde et celui d'un dépôt de plage : de là viendraient les différences qu'on observe entre ses divers affleurements.

La difficulté qui s'est longtemps opposée à la définition des vrais rapports du crag rouge avec le crag de Norwich provenait, selon M. O. Fisher (1) de ce que ces deux dépôts sont séparés par une arête du crag corallien, qui est plus ancien qu'eux : en sorte que, tout en étant contemporains, ils appartiennent à des bassins séparés. De plus, M. J. E. Taylor (2) pense que, lors du dépôt du crag supérieur de Norwich ou crag de Chillesford, le crag rouge du Suffolk, très-épais, aurait été repris par les eaux dans ses parties supérieures et déposé à nouveau en stratification oblique, c'est-à-dire dans une eau peu profonde; de là serait résulté un mélange entre les coquilles de la dernière époque et celles du crag rouge, dont les plus épaisses, telles que Pectunculus glycimeris et Fusus contrarius, auraient seules résisté à la trituration résultant de ce remaniement.

— La présence, dans le crag rouge, de l'Elephas meridionalis, mentionné par M. Gunn, a été mise en doute par M. Ray Lankester (3). D'après M. Gunn (4), une molaire de cette espèce, très-roulée, existait dans une collection à Suffolk et provenait de la base du crag rouge. Vérification faite, il a été reconnu par M. Gunn (5) lui-même qu'il y avait eu confusion avec une dent de mastodonte provenant, non pas du crag rouge, mais de la base du crag corallien à Sutton. Cette même couche a, du reste, fourni à M. Gunn plusieurs dents d'Elephas meridionalis. Elle repose immédiatement sur la craie et renferme des débris provenant de la désagrégation de cette roche. Une autre suppression sur laquelle MM. Gunn et Lankester sont d'accord est celle de l'Elephas antiquus : cette espèce, citée par Falconer, provenait d'une localité où le crag n'existe pas.

Quant aux débris d'Elephas meridionalis rencontrés dans le crag de Norwich, M. Lankester (6) croit qu'ils pourraient fort bien être les débris remaniés d'un dépôt plus ancien. A l'appui de cette manière de voir, M. Lankester cite une dent de mastodonte pro-

---

(1) *Geol. Mag.*, t. VI, p. 142.
(2) *Geol. Mag.*, t. VIII, p. 314.
(3) *Geol. Mag.*, t. VI, p. 47.
(4) *Geol. Mag.*, t. VI, p. 143.
(5) *Geol. Mag.*, t. VI, p. 237.
(6) *Géol. Mag.*, t. VI, p. 190, 354.

venant du bone-bed de Suffolk, et paraissant appartenir à une espèce très-voisine du M. Borsoni (pliocène). Or, les vallées de cette dent sont encore occupées par une gangue identique avec les nodules de grès (1) connus pour contenir une faune voisine de celle du diestien de Belgique et fort différente de celle des crags. Ainsi l'autorité d'une preuve directe vient encore s'ajouter à toutes les raisons qu'on avait déjà pour attribuer à la faune des mammifères du bone-bed de Suffolk une date plus ancienne, non-seulement que celle des crags, mais même que celle du dépôt sableux qui les contient et dont les débris sont mélangés dans le bone-bed avec d'autres fournis par une argile éocène.

Disons, pour terminer, qu'il reste encore quelque incertitude sur la position du forest-bed, que M. Gunn (2) regarde comme inférieur à l'argile de Chillesford, tandis que, après Lyell, MM. Searles Wood et Prestwich font du forest-bed la transition entre l'époque pliocène et la période glaciaire.

Ain. — On doit à M. de Saporta (3) une étude de la flore des tufs de Meximieux. Ces tufs avaient d'abord été rangés dans le miocène supérieur, du moins à titre provisoire, par M. Falsan; et le pliocène aurait été borné aux sables ferrugineux de Trévoux, à Mastodon arvernensis. M. de Saporta a reconnu que beaucoup des végétaux de Meximieux, notamment Glyptostrobus europæus, Liquidambar europæum, Platanus aceroides, Carya Massalongi, Oreodaphne Heerii, Laurus canariensis, se retrouvent dans le val d'Arno, en compagnie d'une faune de mammifères franchement pliocène; en sorte qu'il lui paraît nécessaire d'élever à la hauteur des sables de Trévoux les tufs de Meximieux et, avec eux, diverses formations supérieures à la mollasse et qui ont une faune de coquilles terrestres et d'eau douce sensiblement uniforme, caractérisée par la Clausilia Terveri.

La flore de Meximieux comprend sept espèces miocènes, quinze pliocènes et neuf modernes. M. Tournouër (4) a reconnu, dans la faune de Meximieux, les Helix Collongeoni, H. Nayliesi, Cyclostoma Baudoni, Clausilia Terveri, c'est-à-dire qu'il y a mélange de types exotiques perdus avec une quantité dominante de types européens encore existants. Cette faune étant la même que celle

(1) *Revue de géologie*, t. VIII, p. 120.
(2) *Geol. Society*, 8 juin 1870.
(3) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVI, p. 752.
(4) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVI, p. 774.

des marnes lacustres d'Hauterive (Drôme), jusqu'ici considérées comme miocènes, il y aurait lieu, selon M. Tournouër, de remonter les marnes en question à la hauteur du pliocène.

Provence. — M. Coquand (1) a reconnu l'existence, dans la plaine de la Crau, d'un poudingue qu'il rattache au terrain pliocène. Ce poudingue se distingue des poudingues quaternaires qui le recouvrent en ce qu'il est soulevé et à cailloux calcaires prédominants. Il est d'origine marine et contemporain du terrain tertiaire lacustre supérieur des Basses-Alpes, se rattachant, par conséquent, à l'étage subapennin. C'est aux falaises de la Teulière, le long de l'étang de Comte, que s'observe l'intercalation du grès à cailloux de quartzite et de calcaire au milieu des couches subapennines à Ostrea undata et Nassa semistriata.

TERRAINS QUATERNAIRES.

Terrains de transport diluviens. — Période glaciaire.

Écosse. — Le district de Caithness, qui forme une pointe avancée au nord-est de l'Écosse, est couvert par un boulder-clay qui présente une constitution particulière. D'après M. Jamieson (2), l'argile n'est pas stratifiée et l'arrangement des matériaux rappelle tout à fait les moraines profondes des glaciers. De plus, les galets ont leurs grands axes alignés dans un même sens, et leurs stries ont la même direction que celles qu'on observe sur les roches en place du sous-sol. Cependant les coquilles marines brisées abondent dans l'argile, et la direction des stries, au lieu de correspondre à un glacier venant du continent britannique, indique, au contraire, que le mouvement venait de la pleine mer.

M. J. Croll (3) a cherché l'explication de ces apparences contradictoires. Il a constaté d'abord, par l'observation des altitudes des dépôts de boulder-clay du nord de l'Écosse, que l'épaisseur de la calotte glaciaire qui a recouvert autrefois cette région ne devait pas être inférieure à 600 ou 700 mètres. Or la mer du Nord, n'ayant guère qu'une profondeur moyenne de 40 brasses, eût été incapable de porter une pareille épaisseur de glaces flottantes. Il

(1) *Bull. Soc. géol.*, t. XXVI, p. 541.
(2) *Geol. Society*, XXII, 261.
(3) *Geol. Mag.*, VII, 209, 271.

y a donc eu, suivant M. Croll, un véritable glacier terrestre, cheminant sur le fond de la mer et se dirigeant vers l'Atlantique en passant par les îles Shetland et les Orcades. Une partie de cet immense glacier descendait de l'Écosse, l'autre de la Scandinavie, et leur jonction devait se faire précisément sur le promontoire de Caithness.

L'hypothèse de M. Croll donne lieu à une déduction intéressante qui lui a été suggérée par M. Geikie. La mer du Nord étant barrée par un glacier, les eaux du Rhin, de l'Elbe et de la Tamise ne pouvaient s'écouler que par la Manche. Or, si le détroit de Douvres n'était pas ouvert à cette époque ou seulement s'il était barré par le grand glacier de la Baltique, les fleuves en question, ne trouvant pas d'écoulement, devaient inonder toutes les terres basses situées au sud. De là résulterait la grande extension du limon dans le bassin du Rhin, en Belgique et dans le nord de la France.

Angleterre. — Norfolk. — Dans les parages du Norfolk, l'argile de Chillesford est surmontée par des sables et des galets, bien développés à Southwold. M. Prestwich (1) a étudié leur composition et reconnu que les matériaux de cette formation provenaient à peu près tous du sud. On y trouve notamment beaucoup de fragments roulés de chert et de ragstone empruntés au grès vert inférieur de Kent. Ces sables et galets forment, aux yeux de M. Prestwich, une très-bonne ligne de base pour la période quaternaire, d'autant plus qu'avec leur dépôt a coïncidé l'établissement de l'époque glaciaire. Selon l'auteur, il est impossible de baser une division des périodes sur l'étude des formes de la vie, spécialement chez les mammifères, car la transition est tellement graduelle qu'on serait exposé à remonter indéfiniment sans trouver de solution de continuité.

Dorset. — Il existe le long de la côte du comté de Dorset un cordon de galets, connu sous le nom de banc de Chésil, qui, sur une longueur de plus de 25 kilomètres, s'étend en ligne droite depuis Burton Bradstock jusqu'à l'île de Portland, contre laquelle il s'appuie. A partir d'Abbotsbury, ce cordon, composé de galets de plus en plus gros jusqu'à Portland, est séparé de la côte par une sorte de lagune découpée, dont la formation a beaucoup occupé jusqu'ici les géologues qui, pour l'expliquer, ont généralement imaginé des mouvements plus ou moins compliqués du sol en ce point.

(1) *Geol. Mag.*, VII, 129. — *Geol. Society*, 26 janvier 1870.

MM. Bristow et Whitaker (1) ont remarqué que, dans la partie où les galets s'appuient directement contre la côte, il n'y a pas un seul cours d'eau descendant à la mer, tandis que, depuis Abbotsbury jusqu'à Portland, un grand nombre de ruisseaux aboutissent à la lagune, qui déverse ses eaux dans la mer entre Portland et Weymouth. De plus, cette portion de la côte est très-basse et il est rare d'y voir des falaises de 3 mètres de haut. Ces observateurs en concluent que primitivement le cordon littoral était contigu à la côte, mais que le travail des cours d'eau, agissant sur des roches molles par comparaison avec la compacité de cet amas de galets, a dû tendre à former, le long des galets, une rivière cherchant son écoulement vers Portland.

Il est à remarquer que cette explication est d'accord avec les particularités que présentent, en France, les étangs des Landes, qui forment aussi une ligne de lagunes entre la côte plate et le cordon des dunes.

Belgique. — En dressant, au point de vue agricole, la carte d'ensemble des diverses variétés de sols superficiels en Belgique, M. Jenkins (2) a été amené à reconnaître que les quatre grandes régions de la Belgique, celle des polders, celle du sable de Campine, celle du loess ou limon hesbayen et celle du plateau ardennais, ont pour limites respectives des lignes de niveau bien définies. Ainsi, les polders, situés sur le bord de la mer et formés depuis la période historique, confinent au sable campinien qui s'élève graduellement jusqu'à 25 mètres pendant plus de 30 kilomètres, soit moins de 1 millimètre par mètre. A partir de 25 mètres d'altitude, on atteint le limon hesbayen; l'inclinaison du sol augmente brusquement et la courbe de niveau de 50 mètres n'est qu'à 5 kilomètres de celle de 25. Puis le sol s'élève jusqu'à 160 mètres à raison de $1^{m},16$ par kilomètre. La Meuse marque la limite de cette région, au delà de laquelle on arrive, par une pente abrupte, à la courbe de 260 mètres, et le sol s'élève irrégulièrement jusqu'à 660 mètres, altitude des sommets de l'Ardenne. Le limon ne franchit presque jamais la vallée de la Meuse et sur la surface du haut plateau on ne rencontre que des nappes de cailloux ardennais.

Selon M. Jenkins, la disposition qui vient d'être signalée conduit forcément à cette conclusion que les dépôts caillouteux des Ardennes ont précédé le limon, lequel est antérieur au sable cam-

(1) *Geol. Society*, 26 mai 1869. — *Geol. Mag.*, VI.
(2) *Geol. Mag.*, VII, 149, 199.

pinien, qui lui-même a précédé les polders. Ainsi, le sable de Campine, que Dumont regardait comme contemporain du limon, tandis que d'autres géologues le croyaient moins récent, serait, d'après M. Jenkins, un peu plus jeune que le loess hesbayen.

M. d'Omalius d'Halloy (1) croit que ni l'hypothèse glaciaire ni l'hypothèse diluvienne ne rendent un compte suffisant de l'identité de composition des limons dans toute l'étendue des plaines belges. Il a été frappé de la similitude que présentent à l'analyse, dans le Condroz, d'une part le limon superficiel arable, d'autre part l'argile rouge à limonite des nombreux filons qui traversent le calcaire de transition. Aussi M. d'Omalius est-il disposé à voir dans le limon, aussi bien que dans l'argile de ces filons, un produit d'éjaculations internes.

Il est à remarquer que M. Damour a signalé, dans l'argile des filons du Condroz, une forte proportion de cristaux microscopiques de quartz à une ou deux pyramides.

France. — Morvan. — M. Collenot (2) a signalé la présence, au pied du Morvan, près d'Époisses, de blocs granitiques reposant sur le calcaire à gryphées et dont l'un présente une surface plane parfaitement polie. Suivant l'auteur, ces blocs ne peuvent être que les restes d'une moraine glaciaire.

Auvergne. — M. Marcou (3) a signalé des traces d'anciens glaciers en Auvergne, sur la route de Clermont à Mauriac. Le plateau de Lanobre est couvert d'une boue glaciaire à cailloux striés, parmi lesquels ceux de basalte se distinguent par la netteté et la profondeur de leurs stries; entre Lanobre et Granges, on voit des stries burinées sur la roche en place, et Granges est bâti sur la moraine frontale même.

On n'observe pas de traces glaciaires au mont Dore; d'ailleurs, l'absence complète de cailloux volcaniques dans le terrain glaciaire de Lanobre prouve que les glaciers d'Auvergne ont précédé les volcans de la chaîne des Puys et du mont Dore.

Bassin du Rhône. — On doit à MM. Falsan et Chantre (4) une description du terrain glaciaire de la vallée du Rhône. Les auteurs

---

(1) *Bull. acad. royale de Belgique*, 2e série, XXXI, n° 6.
(2) *Bull. soc. géol.*, XXVI, 173.
(3) *Bull. soc. géol.*, XXVII, 261.
(4) *Bull. soc. géol.*, XXVI, 360.

ont cherché à reproduire la marche du glacier principal et celle des affluents latéraux. Le glacier, suivant presque le cours du Rhône, a envahi latéralement toutes les vallées du Bugey et, après avoir pivoté autour du Molard de Don, est venu abandonner ses moraines profondes et frontales sur les plaines du Dauphiné et de la Dombes, jusque vers Bourg et Brou, ainsi que sur les collines du bas Lyonnais.

MM. Falsan et Chantre ont noté avec soin la position de tous les blocs erratiques, ainsi que la place et la direction des stries observées.

CAMPAGNE DE ROME.— Le Fr. Indes (1) a constaté dans la campagne romaine, au Monte delle Gioie, la superposition du tuf lithoïde à une couche de cailloux roulés, contenant, avec des cailloux calcaires, les éléments volcaniques ordinaires de la contrée, tels que les tufs, les cendres, le pyroxène et l'amphigène décomposé. Ces cailloux roulés reposent sur des argiles à coquilles d'eau douce, et le tuf lithoïde est surmonté par la série ordinaire des tufs exploités dans la contrée et commençant par le tuf homogène. Le Fr. Indes est donc d'avis que le tuf lithoïde est une formation atmosphérique et non sous-marine, qui doit être rayée du pliocène et considérée comme appartenant au post-pliocène.

Comme résumé de ses études (2), l'auteur limite le pliocène ancien aux marnes du Vatican et aux sables fossilifères de Monte-Mario et d'Acqua Traversa. Au-dessus vient le *nouveau pliocène*, représenté par les sables jaunes et cailloux roulés du Janicule et d'Acqua Traversa, puis le *post-pliocène*, ou tuf lithoïde et tuf homogène du Capitole, Sainte-Agnès, Monte-Verde, etc.; enfin le *post-pliocène récent* ou *anthropique* (cailloux roulés du Mont-Sacré, de Ponte-Molle et tuf à scories de la via Flaminia). Il est à remarquer que le tuf à scories, reconnu aujourd'hui comme contenant des silex taillés, était autrefois considéré comme le produit d'un volcan sous-marin pliocène.

AMÉRIQUE DU NORD. — CANADA. — M. Wallbridge (3) a observé dans le comté d'Hastings, près de la station de Shannonville, un bloc, rapporté par lui au boulder-clay, qui couvre 5 acres de terrain et mesure plus de 30 mètres d'épaisseur. Ce bloc paraît ori-

(1) *Bull. soc. géol.*, XXVI, 11.
(2) *Bull. soc. géol.*, XXVII, 410.
(3) *Geol. Society*, 28 avril 1869.

ginaire d'une localité située au moins à 20 milles de son emplacement actuel. La surface du calcaire de Trenton, dans les environs, porte des stries dans la direction du transport présumé.

Du reste, divers observateurs ont signalé, dans le Boulder-clay d'Angleterre, des blocs de dimensions semblables à celui qui vient d'être mentionné.

Région des grands lacs. — D'après M. Andrews (1), le boulder-clay de l'Amérique du Nord, dans la région qui avoisine les grands lacs, est incontestablement un dépôt formé sous les eaux, dans une mer à la surface de laquelle flottaient de grandes quantités de glaces. L'argile présente des ondulations caractéristiques, et souvent on y observe de petites vallées ovales sans issue. Tout indique que la rapidité du mouvement devait être considérable. Le gravier a donc dû tomber au fond sous forme de masses gelées et être recouvert par d'autres dépôts avant que la glace eût eu le temps de fondre.

Presque tout le drift de l'Amérique du Nord est recouvert par une mince couche de limon coloré en jaune orangé et qui suit toutes les ondulations du dépôt inférieur, excepté sur les flancs des vallées d'érosion. On n'y trouve pas de galets.

Brésil. — On sait qu'Agassiz a considéré comme un dépôt glaciaire la puissante formation argileuse qui s'étend sur les bords du fleuve des Amazones. Cette conclusion n'est pas admise par M. Orton (2), qui a réussi à découvrir, le long de ce fleuve, à Pabos et à Cochaquinas, dans les argiles plastiques colorées, des couches fossilifères dont les coquilles ont été déterminées par M. T. A. Conrad. Ces coquilles forment 17 espèces, toutes éteintes et appartenant à 9 genres, dont 6 sont éteints : l'ensemble représente une faune d'eau douce ou d'eau saumâtre. M. Orton va jusqu'à considérer ce dépôt comme tertiaire et probablement miocène. Quoi qu'il en soit, la parfaite conservation des coquilles est inconciliable avec l'hypothèse glaciaire.

Nouvelle-Zélande. — On a quelquefois admis l'existence d'une période glaciaire ancienne dans la Nouvelle-Zélande. M. Hector (3) est d'avis que cette hypothèse est complétement inutile pour ex-

(1) *Geol. Mag.*, VII, 127.
(2) *Geol. Mag.*, VII, 540.
(3) *Geol. Mag.*, VII, 96.

pliquer l'ancienne extension des glaciers dans cette île. La diminution que l'on constate de nos jours dans leur étendue tiendrait à deux causes : d'abord, en vertu des progrès de l'érosion, la surface du sol au-dessus de la limite des neiges perpétuelles a toujours été en diminuant. Ensuite, le sol de l'île a subi un enfoncement progressif, dont il est facile de fournir la preuve, même depuis l'arrivée des colons dans l'île.

TOURBIÈRES.

BASSIN DE LA SEINE. — M. Belgrand (1) a recherché l'origine des tourbières du bassin de la Seine. Il a reconnu d'abord que la tourbe des vallées ne peut se produire que dans les vallées suffisamment larges et à faible pente, car le développement des végétaux ligneux, dont la décomposition donne naissance à la tourbe, n'est possible que dans une eau peu profonde et peu agitée. Mais il faut en outre que les crues des cours d'eau ne soient ni violentes ni limoneuses. Or, cette condition n'est remplie que dans la traversée des terrains perméables. Cela posé, dans une vallée comme celle de la Seine, qui a été parcourue autrefois par un des grands cours d'eau de l'âge de la pierre, le volume actuel des eaux étant tout-à-fait insuffisant pour remplir l'ancien lit, cet ancien lit se comblera par des graviers et du limon dans la traversée des terrains imperméables, fournissant des affluents à crues violentes et limoneuses, tandis que la tourbe apparaîtra dans la traversée des sols perméables.

Cette théorie est confirmée par l'observation de la manière la plus précise ; il suffit de citer les tourbières et les marais de la Vanne, ceux de la Seine entre Troyes et Nogent, ceux de Saint-Gond et de la Somme-Soude dans le bassin de la Marne, tous situés dans la traversée de la craie blanche, terrain classique de la tourbe en Picardie ; — de même, les tourbières de la Juine et de l'Essonne marquent la traversée des sables de Fontainebleau. De plus, la tourbe fait défaut dans les zones perméables lorsqu'elle se trouve, en amont, des terrains imperméables qui apportent des eaux assez limoneuses pour faire sentir leur action au delà de leur point d'arrivée dans la vallée principale.

La succession immédiate de la tourbe aux graviers prouve que le passage de l'époque des grands cours d'eau à l'époque des tourbes

(1) *Bull. soc. géol.*, XXVI, 879.

a été brusque, et que la diminution du débit des rivières ne s'est pas faite progressivement. Sans cela le lit primitif eût été comblé d'abord par des graviers, puis par des sables, enfin par du limon, et la tourbe n'aurait pas pu s'y développer.

La production de la tourbe a été facilitée, avant l'époque historique, par la puissante végétation forestière qui couvrait le sol de la France, en retenant les terrains meubles que les pluies entraînent plus facilement, aujourd'hui qu'ils sont défrichés et cultivés.

D'ailleurs la culture et l'assainissement du fond des vallées ont apporté à la production des tourbes un obstacle encore plus sérieux.

Jura, Cévennes. — M. Ch. Martins (1) s'est occupé des tourbières du Jura neufchâtelois; il a reconnu que ces tourbières, généralement établies dans les vallées longitudinales de la chaîne, reposent sur un fond imperméable formé par une boue glaciaire, en sorte que lors même que les vallées n'ont pas été barrées par des moraines et ainsi transformées en lacs jusqu'au moment de la rupture des digues, c'est toujours aux phénomènes glaciaires que ces tourbières paraissent devoir leur origine.

Il en est de même, paraît-il, dans les Cévennes et en Auvergne. En outre, la flore des tourbières des montagnes présente, dans *tous* les pays, depuis la Laponie jusqu'aux Cévennes, une remarquable uniformité.

Les types de cette flore sont ceux de la Scandinavie, et il n'est pas douteux, pour M. Martins, que toutes ces tourbières, identiques quant à l'origine, ont vu leur végétation se développer à la fin de la période pliocène.

(1) *Mémoire de l'Académie des sciences et lettres de Montpellier*, VII. 1.

TROISIÈME PARTIE.

GÉOLOGIE DYNAMIQUE.

Sous le titre de *Géologie dynamique*, nous étudierons avec M. J. D. Dana les principaux effets des agents organisés et inorganisés qui s'exercent sur le globe.

Dans la *Revue* de cette année, nous aurons à nous occuper plus particulièrement de l'atmosphère, de la glace, des rivières, des mers, de la chaleur de la terre et des phénomènes volcaniques, du métamorphisme et des modifications des roches, des mouvements de l'écorce terrestre, ainsi que des systèmes de montagnes et de la stratigraphie systématique ; et nous terminerons par la cosmogonie.

ATMOSPHÈRE.

Influence des forêts sur la quantité de pluie et sur l'évaporation.

Des recherches comparatives sur la quantité de pluie qui tombe sur les sols boisés et non boisés ont été faites par M. Becquerel, et dans ces derniers temps par M. Mathieu (1). Aux environs de Nancy, il a été constaté qu'il pleut plus sur un sol boisé. Mais comme le feuillage doit retenir une partie de la pluie, et l'empêcher d'arriver jusqu'au sol, M. Mathieu s'est proposé de le vérifier, et il a reconnu que dans un massif de hêtres, charmes et chênes âgé de quarante ans, il tombe environ 95 p. 100 de la pluie reçue dans une clairière voisine. Toutefois la quantité d'eau

---

(1) Grandeau : *Comptes rendus du Congrès agricole de Nancy*, 1869. — Voir aussi *Revue de géologie*, VIII, 224, ainsi que II, 25, et III, 25.

qui arrive jusqu'au sol reste supérieure à celle qui tombe sur le sol non boisé.

Pour déterminer l'action exercée par les forêts sur la conservation de l'eau, M. Mathieu a encore comparé les pertes éprouvées par deux atmidomètres, dont l'un était placé sous bois, tandis que l'autre était dans une clairière. L'expérience a montré que, pour ce dernier, l'évaporation annuelle était cinq fois plus grande. L'évaporation varie d'ailleurs avec les saisons; tandis qu'en avril elle est à peine triple dans les champs de ce qu'elle est sous bois, en juillet elle devient dix fois plus grande; en sorte qu'elle augmente beaucoup avec la température.

En résumé, un sol boisé reçoit autant et même plus d'eau que celui qui ne l'est pas, et il la conserve surtout beaucoup mieux; par suite, il peut facilement fournir aux végétaux qui le couvrent l'humidité de laquelle ils ont besoin, et en outre il alimente les sources avec beaucoup plus de régularité.

Dunes.

Quantité de sable enlevé à la plage pour former les dunes.

La rapidité avec laquelle les dunes se forment est très-variable, elle dépend de la force et de la direction habituelle des vents, de la nature du sable qui constitue la plage, et de circonstances assez complexes.

Sur la plage des Landes, en particulier, on a constaté que cette rapidité est très-grande. En effet, vers le commencement du siècle, on y a provoqué la création d'une dune littorale. Cette dernière est destinée à servir d'écran et à préserver de l'air de la mer les plantations de pins qui ont été faites pour fixer les autres dunes. Elle a été surélevée successivement au moyen de clayonnages qui étaient placés à sa partie postérieure et qui recevaient un exhaussement à mesure que cela devenait nécessaire.

Suivant M. Ch. Descombes (1), on peut estimer à 200 mètres cubes par mètre couraut le volume des sables qui ont ainsi été accumulés en cinquante ans. Comme la longueur de la côte des Landes est à peu près de 230 kilomètres, le volume total serait environ de 46 millions de mètres cubes; on a donc une moyenne de 920.000 mètres cubes, pour la quantité de sable qui est prise à la plage et consacrée chaque année à la formation de la dune littorale.

(1) *Notice sur le mouvement des sables dans le golfe de Gascogne.*

GLACIERS.

Plasticité de la glace.

M. Giuseppe Bianconi (1) s'est demandé si la rigidité de la glace est aussi complète qu'on l'admet généralement, surtout depuis que les expériences de Tyndall ont permis d'expliquer par le regel tous les phénomènes de plasticité apparente que présente la glace soumise à de fortes pressions. Il a observé que des lames de glace, supportées à leurs extrémités et chargées d'un poids au centre, peuvent prendre une flèche notable, tout en conservant une telle fragilité qu'il faut de grandes précautions pour les manier dans cet état. Il a pu même imprimer à une plaque de glace une torsion en sens contraires aux deux extrémités. Les expériences ne réussissent que quand la température est de 2 à 6 degrés au-dessus de zéro; de plus, elles sont beaucoup moins faciles avec la glace hyaline et transparente qu'avec la glace lamellaire ou grenue qu'on obtient en comprimant fortement de la neige.

De ces faits résulte, suivant M. Bianconi, la preuve incontestable que la glace jouit, à partir de 2 degrés au-dessus de zéro, d'une véritable flexibilité, qui n'altère en rien sa fragilité naturelle. Si l'on observe que la glace des glaciers est le plus souvent lamellaire ou grenue et que son mouvement est beaucoup plus prononcé en été qu'en hiver, on sera porté, sans nier l'influence du regel dans la descente des glaciers, à attribuer, avec M. Bianconi, une part du phénomène à la plasticité de la glace, qui doit avoir pour effet d'augmenter beaucoup la pression des parties supérieures sur les parties inférieures.

MM. Zeiller et Henry ont observé, dans une carrière souterraine du village d'Ivry (Seine), une plaque de calcaire qui pendait verticalement au toit d'une galerie, retenue par une lame de glace assez épaisse : l'eau qui suinte dans les fissures et le long des parois s'était congelée et avait amené la séparation de cette plaque; celle-ci, une fois détachée, avait cédé à l'action de la pesanteur, et la lame de glace qui la rattachait au toit avait fléchi peu à peu, jusqu'à faire un angle de 90° avec la partie restée adhérente à la roche.

Mouvement des glaciers.

M. Canon-Moseley (2) a calculé approximativement que le

(1) *Memorie dell' accademia dell' scienze dell' Istituto di Bologna*, série III, t. I, 1871.
(2) *Proceedings of the royal Society*, janvier 1869.

travail accompli par un glacier, quand il descend d'une quantité donnée en triomphant de la résistance du fond et des parois, est égal à plus de trente fois le seul travail de la pesanteur dans le même temps. Il n'est donc pas possible, suivant lui, que la gravité soit la cause du mouvement des glaciers, et il cherche cette cause dans l'action de la chaleur solaire, en insistant sur ce fait, que la descente d'un glacier est plus rapide pendant le jour que pendant la nuit.

M. J. Croll (1) fait observer que cette conclusion serait fondée si les particules du glacier demeuraient toujours, pendant la descente, à l'état cristallin; mais il n'en est pas de même si, par quelque cause que ce soit, chaque molécule peut passer momentanément à l'état fluide. Or, suivant M. Croll, cet effet peut se produire par suite de la transmission de la chaleur à travers la glace: il en résulte que le mouvement du glacier est surtout un mouvement *moléculaire*, c'est-à-dire que la glace descend en quelque sorte atome par atome.

RIVIÈRES.

Déplacement des rivières.

Les rivières sont sujettes à des déplacements dans leur cours, surtout près de leurs embouchures; c'est notamment ce qui a lieu lorsqu'elles se déversent sur une plage sableuse.

Landes. — En France, la côte des Landes, qui est entièrement formée de sable quartzeux pliocène, nous offre des exemples remarquables de leur mobilité; car les cours d'eau des Landes s'inclinent généralement à leur embouchure du Nord vers le Sud, sous l'influence des lames engendrées par la forme du golfe et par les vents régnants, lesquels ont, d'après M. de La Roche Poncié, une direction qui est presque constamment O.-N.-O. Mais, pendant le printemps de 1871, nous avons constaté à Cap Breton que les cours d'eau peuvent au contraire s'incliner temporairement du Sud vers le Nord, lorsque soufflent les vents du Sud. On sait d'ailleurs que leur embouchure s'obstrue quelquefois complétement, et l'on conçoit que cela doive avoir lieu particulièrement par les vents d'Ouest et du Sud. Dans ce cas, les habitants de tous les villages environnants sont réunis au son du tocsin et viennent, armés de pioches, pour ouvrir dans la barre formée par les sables une embouchure nouvelle.

(1) *Geol. Mag.*, VII, 572.

Amu-Daria. — Parmi les fleuves les plus remarquables par leurs déplacements, on peut citer l'Amu-Daria, qui paraît s'être jeté autrefois dans la mer Caspienne vers le golfe Balkhan, tandis qu'il verse maintenant ses eaux dans la mer d'Aral. M. R. Lenz (1) donne même une carte restaurant, d'après l'étude de l'ancien lit, actuellement desséché, le cours probable de l'Amu-Daria. Par suite du mouvement de rotation de la terre, le fleuve tendait du reste à se porter vers la droite et, d'un autre côté, il dégradait fortement ses parois qui sont meubles et sableuses; en sorte qu'on s'explique comment il a pu se frayer peu à peu un chemin vers l'Aral.

Mouvement des sables à l'embouchure des rivières.

Landes.—M. l'ingénieur Descombes (2) s'est proposé de mesurer le volume de sable mis en mouvement par chaque marée à l'embouchure du cours d'eau de cap Breton, sur la côte des Landes. Ce cours d'eau à un débit qui est seulement de 2 à 20 mètres cubes par seconde, et son embouchure a été fixée par une estacade de 400 mètres de longueur. On a reconnu que dans son chenal la profondeur est presque constamment au niveau des basses mers de morte eau, c'est-à-dire à 3 mètres au-dessous des plus hautes mers; mais sa largeur varie continuellement avec le débit du cours d'eau, avec la hauteur des marées et la direction des vents. Cependant sa largeur ne dépasse jamais 20 mètres, et une jetée a été construit pour la régulariser. D'après cela, au moyen de sondages faits à haute mer et à basse mer, M. Descombes a pu mesurer exactement la quantité de sable apportée à chaque marée dans le chenal de cap Breton.

Il résulte de ces opérations que le minimum des sables introduits dans une marée est de 40 mètres cubes, et le maximum de 600 mètres cubes. La moyenne de quatre-vingts expériences a donné 450 mètres cubes par marée; d'où l'on aurait pour le petit cours d'eau de cap Breton le total de 900.000 mètres cubes par année.

Toutefois M. l'ingénieur hydrographe de La Roche Poncié (3) a fait voir que ce chiffre est certainement bien supérieur au volume des sables qui cheminent du Nord au Sud le long de la côte des Landes; autrement la baie de Saint-Jean-de-Luz, et la fosse sous-marine de cap Breton elle-même, seraient entièrement remblayées par les sables depuis l'époque actuelle. Par suite du ralen-

(1) *Mémoires de l'Académie de Saint-Pétersbourg*, t. XVI, n° 3, 1870.
(2) *Notice sur le mouvement des sables dans le golfe de Gascogne.*
(3) *Rapport sur le golfe et le havre du cap Breton.*

tissement des eaux dans le chenal, les sables viennent s'y loger, et s'y accumuler en qnantité bien plus grande que sur la côte.

Nous observons d'ailleurs que le mouvement des sables de l'embouchure du cours d'eau de cap Breton est très-complexe; un même grain peut entrer et sortir plusieurs fois dans le chenal. Bien que leur tendance générale soit de se mouvoir du nord au sud, ils remontent aussi dans certains cas du sud vers le nord. En outre à l'embouchure du chenal, il y a non-seulement les sables apportée par la mer, mais encore ceux qui sont charriés sur son fond par le cours d'eau.

On conçoit donc que le volume des sables qui viennent se loger dans le chenal du cap Breton. doit être tout différent de celui qui se meut pendant une année du nord au sud le long de la côte des Landes.

Des expériences directes seraient nécessaires pour mesurer ce mouvement des sables littoraux, et jusqu'à présent elles n'ont pas encore été faites.

MERS.

Distribution de la vie animale dans le fond des mers.

La distribution géographique des invertébrés qui peuplent les mers actuelles offre un grand intérêt au point de vue zoologique. D'importantes recherches ont été faites sur ce sujet dans ces dernières années, par MM. Mac Andrew, Woodward, Gwyn Jeffreys, pour diverses mers de l'Europe (1); par M. Weinkauff (2), pour la Méditerranée, et par M. Hidalgo (3), pour les côtes de l'Espagne.

Golfe de Gascogne. — La faune des invertébrés marins de la ironde et de tout le golfe de Gascogne, vient aussi d'être spécialement étudiée par M. Paul Fischer (4).

Dans l'état actuel de nos connaissances, M. Fischer y compte 326 espèces de mollusques, en laissant de côté les nudibranches et les espèces douteuses. Sur ce nombre les 6/7 ou 277 sont communes à la Méditerranée et aux mers Britanniques.

(1) *Britisch conchology*, vol. II-IV.
(2) *Die Conchylien des Mittelmeeres* (1867-1868).
(3) *Catalogue des mollusques marins des côtes de l'Espagne et des Baléares* (*Journal de conchyologie*, 1867).
(4) *Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux*, t. XXV, XXVII, 1865 à 1870, et Paris, chez Savy.

D'un autre côté, 17 espèces parmi lesquelles Mya arenaria, Mactra solida, Cyprina Islandica, Buccinum undatum, Fusus antiquus, ne dépassent pas le Portugal, et ont un habitat boréal ; tandis que 31 espèces, parmi lesquelles Mesodesma cornea, Cardium paucicostatum, Lithodomus caudigerus, Leda commutata, Chiton fulvus, Patella punctata, Turbo rugosus, Scalaria crenata, S. lamellosa, Eglisia subdecussata, Conus saburon, Cassidaria thyrrena, Nassa trifasciata, N. corniculum, Fusus contrarius, Triton corrugatum, Ranella gigantea, Mangelia elegans, Aplysia fasciata, ne dépassent pas au Nord la pointe du département du Finistère, et ont un habitat méridional.

Comme l'observe M. Fischer, jusqu'à présent on ne connaît pas de formes qui soient spéciales au golfe de Gascogne; les formes méditerranéennes prédominent, et elles sont à peu près deux fois plus abondantes que les formes boréales. Cette dernière circonstance pourrait être attribuée à ce que la Manche, en rompant la continuité des rivages, et en recevant des eaux chaudes du Gulf Stream, devient une sorte de barrière pour certaines espèces boréales.

M. P. Fischer s'est également occupé des échinodermes et des bryozaires du sud-ouest de la France.

En ce qui concerne les échinodermes, on en connaît 27 espèces sur lesquelles 22 se retrouvent dans la Méditerranée. Trois espèces seulement n'ont pas encore été signalées sur les côtes d'Angleterre.

Quant aux bryozoaires du sud-ouest de la France, ils paraissent identiques à ceux des mers Britanniques, dont M. G. Busk a porté le nombre à 161 espèces. Contrairement à ce qui a été constaté pour les mollusques, M. Fischer a observé d'ailleurs que ces bryozoaires présentent surtout des formes boréales.

Cap Breton. — Il existe près de cap Breton, sur la côte des Landes, une fosse sous-marine très profonde, signalée depuis longtemps par les Ingénieurs Hydrographes, et dont M. de Folin (1) vient de commencer l'exploration zoologique.

Cette fosse s'élargit à mesure qu'on s'éloigne du rivage, et elle s'en approche assez pour que l'on ait songé à y établir un port. Sa paroi Sud est orientée à peu près de l'Est à l'Ouest, et sa paroi Nord s'incline légèrement vers le Nord-Ouest. Sa direction moyenne se rapproche de celle de la chaîne des Pyrénées, qui est N. 18° O.

(1) Rapport manuscrit adressé à M. le Ministre des travaux publics ; décembre 1870.

Il nous semble donc qu'on peut considérer la fosse de cap Breton comme une vallée parallèle aux Pyrénées et contemporaine de leur formation ; vers le haut, elle a été recouverte et même entièrement comblée par les terrains tertiaires, particulièrement par le sable des Landes ; mais elle se continue dans l'Océan.

Sur les accores de la fosse de cap Breton, la sonde accuse cinq plateaux rocheux dont trois au Nord et deux au Sud. Leurs surfaces offrent de très-grandes inégalités, et l'on y rencontre des espèces de puits ; mais, à l'intérieur de la fosse, se dressent des parois presque verticales, au pied desquelles la profondeur s'approche de 400 mètres. Quant au fond de la fosse, il présente aussi des inégalités.

L'examen des invertébrés provenant de la fosse de cap Breton, a été fait par MM. de Folin, Paul Fischer et par quelques autres zoologistes. Elle est habitée jusqu'à ses plus grandes profondeurs, et l'on y trouve une faune spéciale, très-différente de celle de la côte des Landes.

La drague a ramené des crustacés, des cypridines et des ostrocodes, des annélides, divers mollusques, des échinodermes, des astéries, des zoophytes et, ce qui est surtout intéressant, des brachiopodes ainsi que des foraminifères. Plusieurs espèces sont nouvelles.

Golfe de Kiel. — MM. Meyer et Möbius, ont étudié le fond du golfe de Kiel et la faune qui le peuple. Cinq zones peuvent y être distinguées : 1° du rivage sableux ; 2° des algues vertes ; 3° des algues mortes et en décomposition ; 4° des algues rouges ; 5° de la vase noire. Cette dernière zone reçoit d'ailleurs les débris de plantes des zones supérieures qui sont entraînés successivement et glissent jusque dans la partie la plus profonde du golfe.

CHALEUR.

Accroissement de la température dans l'intérieur de la terre.

Le grand tunnel percé à travers les Alpes entre Modane et Bardonnèche permet de déterminer quel est l'accroissement de la température interne dans un pays montagneux et formé de roches métamorphiques. Dès à présent quelques expériences ont été faites le 20 décembre 1870 par M. l'ingénieur Giordano (1) ; la température de l'air, près de l'entrée sud du tunnel, était alors à peu près de 5 degrés, et voici les principaux résultats obtenus :

(1) *Comitato geologico d'Italia.*

DISTANCE à l'entrée sud du tunnel.	TEMPÉRATURE	
	de l'air.	de la roche.
mètres.	degrés.	degrés.
500	10,50	14,20
1.000	15,30	17,00
2.000	17,80	19,50
3.000	20,30	22,80
4.000	23,00	23,60
5.000	24,50	27,50
6.000	26,80	28,80
6.450	30,10	29,50
6.662	»	28,00
7.000	25,00	27,40

On voit que lorsqu'on pénètre dans la montagne, sa température qui est de 14 degrés à 500 mètres de l'entrée du tunnel, s'élève jusqu'à 29 1/2 degrés, puis décroît de nouveau. Le maximum de 29 degrés 1/2 correspond à un point qui est vers le milieu du tunnel et précisément au-dessous de la crête alpine, laquelle a 2.905 mètres d'élévation.

Il importe surtout d'observer que la température maximum à l'intérieur du tunnel est seulement de 29 degrés au lieu de 48 à 50 degrés, comme quelques physiciens l'avaient d'abord annoncé.

Calculant ensuite quel peut être en réalité l'accroissement de température intérieure, à ce point de la galerie situé à 1.295 mètres au-dessus de la mer et à 1.610 mètres au-dessous de la crête, M. Giordano établit que la différence de température entre la surface du sol et le milieu de la galerie serait d'environ 31 degrés qui, divisés par la profondeur totale de 1.550 mètres reportée au profil général du tunnel, donnera un accroissement moyen de 1 degré par 50 mètres.

Ce chiffre de 50 mètres est bien supérieur à celui de 30 fourni généralement jusqu'ici par les puits artésiens du bassin de Paris; mais il diffère moins de celui de 42 mètres, trouvé dans les mines de la Saxe : il exprime du reste le résultat correspondant aux conditions topographiques et géologiques de la croûte terrestre en ce point des Alpes Cotiennes.

Déperdition de la chaleur interne.

Sir W. Thomson (1) admet que l'activité plutonique a pour source principale la chaleur contenue dans l'intérieur de la terre. Cette chaleur se perd continuellement au dehors par conductibi-

(1) *Geol. Mag.*, VI, 475.

lité et la perte qui en résulte est évaluée par l'auteur à une force de 92 chevaux par kilomètre carré. Mais indépendamment de cette source, il peut y avoir dans l'intérieur du globe de grandes masses d'éléments chimiques non encore combinés, et dont les affinités mutuelles peuvent alimenter à un haut degré l'activité plutonique, soit en augmentant dans l'avenir la réserve de chaleur interne, soit en intervenant directement dans les manifestations violentes des volcans.

Sir W. Thomson croit que la terre est solide depuis la surface jusqu'au centre, à l'exception d'espaces relativement restreints, qui sont remplis par de la lave fluide, ou sujets à entrer en fusion sous l'influence des actions volcaniques Il ne pense pas que la quantité de chaleur actuellement emmagasinée dans le globe terrestre soit de beaucoup supérieure à celle qui serait nécessaire pour élever de 0° à 200° une masse égale à celle de la terre et composée de roches représentant la moyenne des éléments de la surface terrestre.

Sa conclusion est que le terme de cent millions d'années est un maximum dans lequel doit certainement se renfermer toute l'histoire des terrains sédimentaires pourvus de restes fossiles.

Origine des phénomènes volcaniques.

M. Poulett Scrope (1) ne croit pas que les éruptions volcaniques puissent être causées par l'introduction accidentelle des eaux de l'Océan pénétrant à travers des fissures jusqu'aux masses incandescentes qui alimentent les volcans. Selon lui, l'eau est intimement associée à ces masses liquides, et c'est sa vaporisation. lors de la sortie de la lave, qui cause la structure celluleuse qu'on observe dans tous les produits volcaniques actuels. Or, cette eau ne pourrait pas être aussi bien mêlée à toutes les parties de la masse fluide si elle provenait directement de la surface terrestre. D'ailleurs les fissures sont la conséquence et non la cause des éruptions, dont il faut chercher l'origine dans un excès de chaleur et de pression se produisant au milieu du magna qui alimente les foyers volcaniques.

Quant à la situation constatée des principaux volcans sur les bords de la mer, dont on s'est souvent prévalu pour attribuer à l'Océan une intervention active dans les éruptions, M. Poulett Scrope fait observer que, les phénomènes volcaniques étant la

(1) *Geol. Mag.*, VI, 196.

contre-partie des soulèvements continentaux et ne se produisant que là où la résistance de l'écorce est trop faible pour permettre le soulèvement en masse du terrain, il est tout naturel que la plupart des évents volcaniques soient situés dans des régions affaissées, c'est-à-dire précisément en relation intime avec la distribution des mers.

Causes de la liquéfaction des roches.— Action de la vapeur d'eau et des gaz.

On a souvent discuté pour savoir si la pression favorise ou contrarie la liquéfaction des roches sous l'influence de la chaleur. M. Poulett Scrope est d'avis qu'une roche fondue se solidifie quand la pression augmente, la température restant la même. M. Sterry Hunt (1) admet cette conclusion quand il s'agit d'une fusion ignée; mais il croit que c'est le phénomène inverse qui se manifeste quand la fusion est à la fois ignée et aqueuse, car dans ce cas la présence de la vapeur d'eau détermine plutôt une dissolution qu'une fusion. Or, tandis que la fusion est, en général, un phénomène d'expansion, la dissolution est plutôt un phénomène de contraction. Il paraît donc naturel que la pression qui contrarie la fusion ignée, favorise au contraire la fusion aqueuse. Ajoutons que, pour M. St. Hunt, comme pour MM. Elie de Beaumont et Scheerer, les actions volcaniques se passent dans une région où prédomine l'influence de la vapeur d'eau.

Les idées de M. Sterry Hunt concordent avec celles de M. Stoppani (2), qui s'est attaché à prouver que c'est bien à tort que l'on considère les laves comme les produits d'une fusion ignée. Selon lui, les roches volcaniques, tant anciennes que modernes, sont, non pas des substances fondues, mais des magnas aqueux et cristallins, dont la cristallisation se produit dans l'intérieur du globe, par l'effet de l'eau surchauffée, sous une pression convenable. La voie humide rend alors possibles la formation successive et la coexistence de minéraux qui ne pourraient pas se trouver formés ensemble par la voie sèche. La mobilité des laves serait due en grande partie à l'eau qu'elles contiennent, en vapeur ou à l'état sphéroïdal. Elles sont vomies par les volcans à l'état cristallin et la fusion ou vitrification qu'on y observe exceptionnellement, est un phénomène extérieur, résultant de la perte de l'eau à une température qui reste suffisante pour la fusion totale ou partielle des laves mêmes.

(1) *Geol. Mag.*, VII, 60.
(2) *Bull. soc. géol.*, XXVII, 137.

M. Delanoüe (1) croit pourtant qu'on exagère beaucoup le rôle joué par l'eau dans la fusion des roches volcaniques. En revanche, il lui paraît qu'on ne tient pas assez compte de l'influence exercée par les gaz tenus en dissolution. Ces gaz sont susceptibles de se dégager quand la température s'abaisse, exactement comme dans l'affinage de l'argent où l'oxygène, en s'échappant, produit le phénomène du rochage. Or, d'après les expériences de M. H. Sainte-Claire-Deville, l'hydrogène a une merveilleuse tendance, soit à se dissoudre dans les corps surchauffés, soit à s'en dégager par le refroidissement; d'autre part, l'hydrogène entre comme élément dans toutes les combinaisons gazeuses volcaniques, vapeur d'eau, acide chlorhydrique, hydrogène sulfuré, carbures d'hydrogène. M. Delanoüe en conclut, comme MM. Angelot, Élie de Beaumont et Charles Sainte-Claire-Deville, que c'est l'hydrogène qui a joué et qui joue encore le rôle principal dans les éruptions gazeuses et, par conséquent, dans la formation des volcans à cratère.

Rappelons, à ce propos, que ces idées, notamment en ce qui concerne l'assimilation au rochage des phénomènes volcaniques, sont depuis longtemps professées à l'École des mines par M. de Chancourtois.

MODIFICATIONS DES ROCHES.

Pseudomorphisme.

On sait qu'une école de savants appartenant surtout à l'Allemagne et dont le professeur Bischof était l'un des principaux représentants, explique la formation de la serpentine, de la stéatite, de la chlorite, du mélaphyre, du spilite, du trapp, du basalte du phonolite, du perlite, du rétinite et même de la plupart des roches, par le pseudomorphisme de roches cristallines préexistantes.

A différentes reprises, nous avons cherché à réagir contre ces idées théoriques; nous avons montré notamment, que beaucoup de faits attribués à des modifications lentes par pseudomorphisme, trouvaient une explication toute naturelle dans l'enveloppement et dans la cristallisation simultanée des minéraux (2).

(1) *Bull. soc. géol.*, XXVII, 635.
(2) Delesse : *Recherches sur l'origine des roches*. — *Essai sur le pseudomorphisme* (*Annales des mines*, 5e série, t. XVI, p. 317).

M. Sterry Hunt (1) s'est également occupé de cette question et il n'hésite pas à adopter notre manière de voir, d'accord avec MM. les professeurs Naumann et Schérer. « Ainsi, dit M. Sterry Hunt, cette théorie sans preuve du pseudomorphisme, telle que Bischof l'enseigne, ne peut, même en lui donnant la plus grande généralité, nous faire avancer d'un pas vers la solution du problème de l'origine des différents silicates qui, seuls ou mêlés ensemble, forment des couches au milieu des schistes cristallins. En admettant pour un instant que la serpentine provienne de l'altération de l'olivine ou de la labradorite, et la stéatite ou la chlorite de l'hornblende, l'origine de ces silicates anhydres, sur lesquels s'opère le changement supposé, n'en reste pas moins inexpliquée. »

MÉTAMORPHISME.

Métamorphisme spécial.

Ophite empâtant du quartz ou du schiste.

ESPELETTE. — L'ophite, qui forme la partie sud-ouest du mamelon sur lequel est construite la ville d'Espelette, dans les Basses-Pyrénées, empâte souvent des fragments de quartz et de schiste.

D'après MM. Delesse et Gindre, cette ophite est verte, à structure compacte, et contient quelques grains pyroxéniques de couleur verte plus foncée. Elle se distingue surtout par des veines ganglionnaires de chaux carbonatée blanche et spathique. Dans quelques fissures, elle présente des lamelles de chlorite ferrugineuse ainsi que de l'épidote en cristaux brillants et vert jaunâtre. Accidentellement on y voit aussi des mouches de pyrite de cuivre, et il est remarquable que du cuivre se rencontre dans l'ophite des Pyrénées, comme dans le trapp des États-Unis.

L'ophite d'Espelette prend encore une structure conglomérée, et alors elle offre des parties porphyriques réunies par des veines compactes. On y observe du quartz blanc, hyalin, provenant visiblement du terrain de transition, et ayant conservé son éclat gras. En outre du schiste appartenant au même terrain est gris noirâtre, gaufré et en partie formé de mica séricite. Ces deux

(1) *American Association. — Revue scientifique de la France et de l'étranger.* 1871, p. 345.

roches, qu'on voit à l'état normal dans le mamelon d'Espelette, sont restées en fragments anguleux et n'ont aucunement été altérées par l'ophite qui les enveloppe.

Cette absence de métamorphisme soit sur le quartz, soit sur le schiste, montre nettement que l'ophite d'Espelette a fait éruption à une température bien inférieure à celle du basalte; car, dans de pareilles conditions, ce dernier eût produit une altération bien évidente.

Contrairement à l'opinion de Borda d'Oro, l'ophite n'est donc pas une roche volcanique formée dans les mêmes conditions que le basalte; elle n'est pas non plus neptunienne, comme le pensaient d'autres géologues (1).

Roches au contact de la diabase.

Hartz. — M. Emmanuel Kayzer (2) a fait des recherches sur les roches se trouvant au contact des diabases grenues du Hartz. On peut résumer par le tableau suivant les résultats qu'il a obtenus :

A. Roche très-dure, compacte, blanchâtre, ressemblant à du silex et ayant une cassure conchoïde; de Gitzbugel.

B. Espèce de Hornstein, très-dur, gris clair et à cassure conchoïde; d'Allrode.

C. Espèce de jaspe très-dur, bleu foncé, à cassure bien conchoïde; de Rabenstein.

D. Schiste pétrosiliceux, très-dur, compacte, gris de cendres, ressemblant au Halleflinta, ayant une cassure imparfaitement schisteuse; de Dornkopf.

E. Roche dure, bleu foncé, à cassure esquilleuse ou légèrement conchoïde, contenant des nodules noirs; d'Allrode.

F. Roche très-dure, gris bleuâtre clair, ressemblant au Hornstein; de Rabenstein.

G. Roche très-dure, compacte, gris clair, à cassure conchoïde et ressemblant au Halleflinta; d'Heinrichburg.

H Roche très-dure, compacte, rouge de chair veinée de gris verdâtre et jaspée, désignée à tort sous le nom d'Adinole; de Lerbach (analysée par M. E. Schnedermann).

I. Schiste argileux tendre, bleu foncé, avec petites paillettes de mica blanc; d'Allrode.

J. Roche grenue, brun pâle, à structure grossièrement schisteuse; de Mittelkopf.

K. Roche dure, compacte, jaspée, à cassure esquilleuse ou légèrement conchoïde, ayant une couleur brune; du Kahleberg.

(1) De Charpentier : *Essai sur la constitution des Pyrénées*, p. 528. — elesse : *Recherches sur l'origine des roches éruptives.*

(2) *Ueber die Contract-Metamorphosen der Körnigen Diabase im Harze.* Berlin. 1870.

L. Roche assez dure, gris bleuâtre, à demi schisteuse, ayant une cassure incomplétement conchoïde; de Rabenstein.

M. Roche assez dure, grenue, de couleur brun sale, à structure grossièrement schisteuse; de Mittelkopf.

N. Roche vert olive, grossièrement schisteuse, à cassure esquilleuse et un peu conchoïde; de Rabenstein.

O. Roche assez dure, grossièrement schisteuse, gris verdâtre, un peu veinée, contenant de petites paillettes de mica blanc; de Mittelkopf.

P. Schiste jaspé, dur et noir; d'Osterode.

Q. Roche jaspée, assez dure, de couleur bleue foncé, ayant une cassure à demi conchoïde; de Lupbode.

R. Roche à demi dure, grossièrement schisteuse, avec nombreuses concrétions de la grosseur d'une lentille; de Rabenstein.

S. Roche moyennement dure, gris verdâtre, se divisant en plaquettes et contenant beaucoup de petites paillettes de mica blanc; de Lupbode.

T. Schiste moucheté, de couleur gris verdâtre, avec concrétions de la grosseur d'un pois; de Lupbode.

U. Roche dure, compacte, veinée (Dèsmosite, Z); de Heinrichsburg.

V. Roche grise, imparfaitement schisteuse, à demi dure et à grain fin; de Lupbode.

X. Schiste moucheté, de couleur blanchâtre, avec concrétions de la grosseur d'une lentille; de Heinrichsburg.

Y. Schiste vert, peu dur; de Mittelkopf.

	Densité.	Solubilité dans l'acide.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	NaO	KO	HO	CO^2	FeS^2	Matières organiques.	Somme.
A	2,637	2,14	76,30	14,68	»	traces	»	0,18	0,02	7,77	0,53	0,48	»	»	»	99,96
B	2,653	4,03	75,25	11,80	traces	1,76	»	0,32	1,57	7,54	0,61	0,81	»	0,49	»	100,15
C	2,650	3,48	75,02	14,48	»	1,75	traces	0,31	0,87	4,66	3,31	0,81	»	0,48	traces	100,69
D	2,674	8,53	74,53	13,20	»	1,83	traces	0,39	2,19	5,70	1,27	1,16	»	»	»	100,07
E	2,658	5,07	73,74	14,81	0,02	1,31	0,11	0,61	1,29	5,47	1,51	0,70	»	0,84	traces	100,41
F	2,672	»	73,34	13,61	0,07	2,27	traces	0,26	0,98	6,37	1,18	0,84	»	0,63	»	99,55
G	2,678	»	72,63	15,81	»	0,74	»	1,02	1,21	8,33	0,75	0,61	»	»	»	101,10
H	»	»	71,60	14,75	»	1,41	traces	1,06	traces	10,06	0,32	»	»	»	»	99,20
I	2,689	»	69,27	13,12	0,62	5,24	0,09	0,12	1,36	2,25	4,31	3,36	0,04	0,62	»	100,40
J	2,698	2,661	67,53	10,42	2,79	4,55	traces	1,51	3,30	3,37	3,64	2,81	»	»	»	99,92
K	2,667	»	65,87	21,42	traces	1,41	traces	traces	0,84	8,79	1,16	0,92	»	»	»	100,41
L	2,675	26,76	63,24	13,72	4,05	5,20	traces	0,56	3,84	5,80	1,71	2,68	»	»	traces	100,80
M	2,687	27,02	61,82	16,46	0,33	5,22	0,12	1,82	4,90	4,81	3,51	1,90	»	»	»	100,89
N	2,682	28.05	61,58	13,67	1,83	7,10	traces	1,07	4,16	4,41	1,99	2,88	»	0,39	»	99,08
O	2,701	30,01	61.55	13,98	4,55	4,33	traces	1,70	3,63	5,60	1,04	3,47	»	»	»	99,85
P	»	»	61,24	18,75	»	1,17	»	0,05	4,91	2,59	1,22	»	»	»	0,49	100,95
Q	2,704	25,86	60,45	17,04	1,46	3,60	0,91	5,00	3,13	6,38	1,09	1,45	»	»	traces	100,54
R	2,703	31,77	59,23	14,20	3,11	6,72	traces	0,84	3,80	5,52	1,94	4,46	»	»	»	99,82
S	2,749	32,06	56,16	18,61	2,58	7,01	traces	0,81	4,47	7,64	0,46	3,60	»	»	traces	100,84
T	2,746	30,52	55,56	18,15	5,08	7,04	0,51	1,40	3,17	4,20	2,25	2,79	0,10	»	traces	100,25
U	2,813	»	55,06	19,75	1,83	7,55	»	3,59	2,21	7,51	0,84	1,83	»	»	traces	100,17
V	2,728	26,93	54,34	18,56	4,82	5,32	0,35	1,12	3,02	7,48	1,78	3,01	»	»	traces	99,80
X	2,778	27,68	54,02	21,22	2,51	6,48	1,74	1,64	3.01	3,36	3,71	1,97	»	»	traces	99,66
Y	2,788	46,66	53,70	15,43	7,14	6,86	traces	1,72	5,48	2,00	2,07	5,06	»	»	»	99,46

Ces roches métamorphiques du Hartz ont été classées d'après leur teneur en silice. Elles sont partagées en trois séries, dont la première est acide, la troisième basique et la seconde intermédiaire.

On peut voir que généralement, lorsque la silice diminue, la densité et la solubilité dans l'acide augmentent. En même temps l'alumine et le fer augmentent ainsi que l'eau combinée. D'un autre côté, les alcalis vont un peu en diminuant.

Observons que les analyses très-consciencieuses faites par M. L. Kaiser présenteraient encore plus d'intérêt, si elles donnaient, pour chaque gisement, la composition de la roche normale et celle de la roche métamorphique correspondante; car alors elles permettraient d'apprécier avec plus de sûreté les changements produits dans la composition chimique, ainsi que tous les effets du métamorphisme au contact des diabases.

Par leurs caractères géologiques et minéralogiques, les roches jaspées, pétrosiliceuses et à éclat corné du Hartz ressemblent d'ailleurs beaucoup à certaines variétés de la grauwake métamorphique des Vosges (1).

Fer spathique ou hématite au contact du granite ou du schiste.

BIDASSOA. — Les filons de minerai de fer de la Bidassoa, qui se trouvent près de la frontière de l'Espagne, présentent un exemple remarquable de métamorphisme à leur contact avec la roche encaissante. Comme nous l'avons vu, ces filons sont formés de fer spathique et le plus souvent, vers leur partie supérieure, d'hématite brune qui résulte de leur décomposition.

Quant à la roche encaissante, elle est tantôt le granite et tantôt le schiste; près du contact, elle a généralement pris une couleur verte, et il en est de même pour les fragments qui sont empâtés dans les filons. Parmi les filons montrant bien ce métamorphisme, nous mentionnerons spécialement Henry et Santa Adela. Le premier est habituellement à l'état de fer spathique et le deuxième à l'état d'hématite.

A Santa Adela, un filon d'hématite brune, mesurant quelques mètres, est encaissé dans le granite qui a été verdi jusqu'à plusieurs décimètres par le développement d'une sorte de terre verte. La distance à laquelle le métamorphisme s'est produit est variable, et d'autant plus grande, que le granite est plus fissuré. Au con-

(1) Delesse : *Grauwake métamorphique des Vosges*. (*Annales des mines*, 1863; III, 747.)

tact même, se trouve une roche verte, offrant une structure schistoïde parallèlement aux épontes, dont l'épaisseur assez inégale, n'est ordinairement que de 1 décimètre. Elle contient du quartz et aussi des lamelles feldspathiques appartenant à l'anorthose. Sa perte au feu est à peu près de 5 p. 100.

On serait tenté de regarder cette roche comme du granite métamorphique ; mais il importe d'observer qu'elle fait partie du filon. Elle résulte probablement du métamorphisme de sa salebande qui, originairement argileuse, se sera changée en une roche schistoïde et pétrosiliceuse.

Les dislocations qui ont affecté les Pyrénées ont pu, du reste, contribuer à produire ce métamorphisme.

Lezaca. — A Lezaca, la même salebande verte se retrouve au contact d'un grand filon de fer spathique, ayant 8 mètres d'épaisseur, qui est encaissé dans le granite. On y distingue du quartz hyalin ainsi que des veines de chaux carbonatée blanche et spathique. La terre verte qui colore la salebande, étant purifiée autant que possible, a donné une perte au feu de 7 p. 100.

Aïnhoue. — A Aïnhoue, dans les Basses-Pyrénées, les filons de fer spathique cuprifère présentent encore un métamorphisme analogue.

En effet, le schiste de transition, gris ou rougeâtre et avec mica séricite formant la roche encaissante, se montre souvent en fragments anguleux qui sont enveloppés par les filons dans lesquels ils sont tombés au moment du remplissage ; alors, il a toujours pris une couleur vert foncé et il résiste bien à la décomposition. Il ne porte toutefois aucune trace d'une calcination ni d'une température élevée.

Quelquefois seulement ce schiste est entouré par une bordure très-mince de quartz hyalin ; dans ce cas, on peut croire qu'il a éprouvé un retrait donnant lieu à un vide microscopique ; et postérieurement, ce vide lui-même aura été rempli par le quartz qui, comme nous l'avons vu précédemment, s'est solidifié le dernier (1).

Rappelons d'ailleurs qu'à Freyberg, la gneiss prend également une couleur verdâtre dans le voisinage de quelques filons métallifères.

(1) *Revue de géologie* IX.

Métamorphisme général.

M. Justus Roth (1) vient de commencer la publication d'une étude sur le métamorphisme et sur l'origine des schistes cristallins. La première partie a seule paru jusqu'à présent; on y trouvera un résumé, à la fois historique et critique, des opinions très-diverses qui ont été émises sur ce sujet si important.

Diagenèse et Épigénèse.

Comme l'a fait observer M. le professeur Naumann, on peut se demander si les dépôts qui ont produit les schistes cristallins et les roches métamorphiques ont été modifiés complétement dans leur composition originaire, ou bien s'ils ont simplement été soumis à une cristallisation et à un nouvel arrangement moléculaire. Cette dernière opinion est la plus généralement adoptée, et parmi les géologues qui ont contribué à l'établir, nous citerons MM. Sterry Hunt (2), Credner et Gümbel.

La formation des schistes cristallins peut en effet s'expliquer par l'influence d'une température et d'une pression modérées; elle résulterait du développement de différents minéraux, tels que le quartz, les feldspaths, les micas, le disthène, la staurotide, le grenat, l'amphibole, etc. M. Gümbel a caractérisé ce métamorphisme, en disant qu'il a eu lieu par *diagenèse;* il l'oppose ainsi au métamorphisme, résultant de changements dans la composition chimique ou par *épigénèse*.

MOUVEMENTS DANS L'ÉCORCE TERRESTRE.

Mouvements séculaires.

M. Trautschold (3) a discuté la question des mouvements dits séculaires de l'écorce terrestre. Après avoir passé en revue tous les documents connus se rapportant aux variations constatées dans le niveau relatif des continents et des mers, il conclut que, sur toutes les côtes d'Europe et même sur celles des autres parties du monde où les observations ont été possibles, on constate, comme

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences de Berlin*, 1871.
(2) *American Association*, 1870, et *Revue scientifique*, 1871, n° 15.
(3) *Bulletin de la société impériale des naturalistes de Moscou*, 1869.

fait général, une élévation relative graduelle de la terre ferme au-dessus de la mer, tandis que les observations qui établissent un affaissement progressif du sol sont rares et limitées à un très-petit nombre de points.

Cela posé, l'auteur énumère toutes les causes qui ont dû forcément amener une diminution graduelle des eaux de la mer, à savoir : le mélange mécanique de l'eau avec la masse toujours croissante des roches solides de l'écorce terrestre; l'eau combinée chimiquement aux éléments minéralogiques des roches, celle qui est absorbée continuellement par les organismes; enfin celle qui est pour toujours immobilisée dans la calotte de glaces des pôles et dans les neiges éternelles des hautes montagnes, phénomène que M. Trautschold considère comme relativement moderne.

Ensuite il discute la possibilité du soulèvement en masse d'une grande étendue de terrain, et croit ce soulèvement incompatible avec l'observation directe qui montre que les effets mécaniques produits par l'apparition des roches éruptives sont toujours bornés à un territoire restreint.

Abordant les théories de Darwin sur l'accroissement continu des récifs coralliens du Pacifique par suite de l'enfoncement progressif du fond qui leur sert de base, M. Trautschold cherche à établir que cet enfoncement n'est rien moins que prouvé.

En résumé, suivant M. Trautschold, il n'y a ni élévation ni enfoncement en masse des continents par suite de grands mouvements séculaires, mais le niveau de la mer s'abaisse constamment par suite de la diminution du volume des eaux océaniques. Tous les soulèvements seraient locaux et déterminés par l'apparition des roches éruptives, laquelle apparition aurait pour cause principale la pénétration des eaux superficielles, à travers les fractures de l'écorce, jusqu'à la zone en fusion. Quant aux affaissements observés, ils résulteraient, soit d'un ébranlement local, soit de la dissolution, par les eaux souterraines, des roches sous-jacentes. D'ailleurs, des plaines formées de sédiments récemment émergés doivent, en se desséchant, éprouver un affaissement sensible.

M. Trautschold admet, avec beaucoup de savants, que la diminution des eaux océaniques ira toujours croissant à la surface de la terre et que l'avenir réservé à notre planète est une ère de sécheresse et de froid.

STRATIGRAPHIE SYSTÉMATIQUE.

SYSTÈMES DE MONTAGNES. — ALIGNEMENTS.

Résistance des roches aux actions mécaniques.

Depuis les recherches de M. Tresca sur l'écoulement des solides, l'attention des géologues s'est portée sur l'étude expérimentale des effets produits sur les roches par les actions mécaniques. C'est ainsi que M. L. C. Miall (1) a examiné la résistance du calcaire carbonifère à la flexion. Il a reconnu que, tandis que l'application brusque d'un poids de 1 kilogramme déterminait la rupture des plaques d'échantillon après une flexion de 2 degrés, un poids de 200 grammes seulement suffisait pour produire une flexion sans rupture de 7 degrés en trois semaines et de 11 degrés en deux mois. De plus, les plaques soumises à une forte flexion présentent, pendant quelque temps, une tendance marquée à se rompre transversalement.

M. Miall pense que dans les cas où le calcaire carbonifère a subi sans se rompre des plissements brusques, il a été préservé de la rupture par le poids des roches superposées. Il cite un cas, dans le Yorkshire, où un simple pli anticlinal de ce calcaire passe, à mesure que les terrains superposés diminuent d'épaisseur, à une véritable faille avec un rejet d'une amplitude toujours croissante.

Détermination des failles.

M. Medlicott (2) a signalé les erreurs qu'il est facile de commettre dans la détermination des failles, et surtout de celles qu'on appelle failles-limites, qui séparent deux formations d'âge très-différent. L'auteur cherche à démontrer que l'étude des plongements respectifs ne peut fournir à elle seule la solution de la question, et qu'il a pu arriver très-souvent que des sédiments, déposés horizontalement au pied d'une falaise de terrains anciens, aient été après coup, sous l'action d'une poussée latérale ou d'un affaissement des roches sous-jacentes, inclinés dans une très-forte proportion, soit vers la limite commune, soit à partir de cette limite, sans qu'il en soit résulté autre chose que des fissures sans importance.

Selon M. Medlicott, on ne peut affirmer l'existence d'une

(1) *British association*, août 1869. — *Geol. Mag.*, VI, 505.
(2) *Geol. Mag.*, VI, 341.

faille-limite que quand on observe des surfaces de friction produites par le glissement des parois.

M. Blanford (1) estime cependant qu'il n'est pas nécessaire, pour constater qu'il y a faille, d'avoir observé des surfaces de glissement. Presque toujours ces surfaces ont dû disparaître par suite de l'action prolongée des agents atmosphériques, auxquels une fracture remplie de matériaux plus ou moins détritiques offre un accès très-facile. D'ailleurs, il est un autre signe qui permet de distinguer les failles-limites des simples contacts entre deux formations dont l'une s'est déposée au pied de l'autre. Les falaises et les escarpements offrent toujours des contours plus ou moins capricieux, tandis que les failles sont en ligne droite ou composées d'éléments rectilignes se coupant sous des angles très-obtus.

Détermination de l'inclinaison des couches.

M. Ébray (2) a proposé de déterminer la véritable inclinaison des couches, dans les pays où la stratification est confuse ou masquée par des clivages, d'après l'inclinaison des filons qui les traversent, en admettant que la plupart des filons, au moins de ceux du carbonate de chaux dans les roches calcaires, sont ou perpendiculaires ou parallèles à la stratification.

Réduction des failles en systèmes.

M. Medlicott (3) croit qu'il ne convient pas de réduire en systèmes toutes les failles qu'on observe ou que l'on croit observer dans un district; car ce serait attribuer, *à priori*, à une cause principale et lointaine des phénomènes qui, pour la plupart, peuvent n'avoir qu'une importance locale et être dus simplement à la différence de résistance opposée, par des roches voisines, à une même action ou bien à des affaissements produits sur une échelle très-restreinte.

Pour le prouver, l'auteur se livre à une discussion approfondie du système de M. Haughton. Dans différents mémoires, ce savant a cherché à établir que le premier effet d'une force agissant sur un terrain est de faire naître dans les roches des fissures perpendiculaires à sa direction, et qu'il appelle cassures *primaires*. L'action continuant, il se produit des cassures dans le sens de la force (*primaires conjuguées*). Enfin viennent les cassures *secondaires*, fai-

(1) *Geol. Mag.*, VII, 115.
(2) *Bull. soc. géol.*, XXVI, 393.
(3) *Geol. Mag.*, VI, 341, VII, 473.

sant avec les deux premières des angles qui varient suivant le degré de la résistance opposée par les roches. Après avoir établi son système à l'aide d'observations recueillies en Irlande, M. Haughton avait cru en voir la confirmation dans les études de M. Hull sur les roches carbonifères du Lancashire. Mais M. Medlicott démontre que l'examen des directions indiquées par M. Hull met en évidence un système de forces justement perpendiculaire à celui auquel conduirait l'application de la théorie de M. Haughton.

Age relatif des montagnes.

PYRÉNÉES, CORBIÈRES, VOSGES. — M. Bleicher (1) a recherché l'âge relatif des accidents qui ont affecté les massifs des Pyrénées, des Corbières et des Vosges. D'accord avec M. H. Magnan, il reconnaît partout de grandes failles linéaires, orientées, dans les Pyrénées, O. 15° N.; dans les Corbières, N. 35° E. Dans les Vosges, les failles ont à peu près la direction N. 21° E.; cependant, vers Saverne, elles prennent l'orientation N. 35° E.

Dans les Vosges, comme dans le midi de la France, la série des terrains accidentés par ces failles N. N. E. comprend tous les terrains secondaires jusqu'à l'éocène exclusivement. C'est donc entre le jurassique et l'éocène que se placerait la formation des Vosges et les systèmes du Thuringerwald, du mont Seny et du Rhin, seraient postjurassiques. Cette conclusion ne s'appliquerait pas, bien entendu, aux petites failles qui accidentent le tongrien de Rouffach-Molsheim et le miocène lacustre à Cinnamomum polymorphum de Schwabwiller.

De plus, aucune des grandes failles linéaires ne contient de roches éruptives. M. Bleicher admet donc, comme M. Magnan, que les roches éruptives n'ont joué aucun rôle actif dans la production des failles et, par suite, des montagnes (conclusion, pour le dire en passant, diamétralement opposée à celle de M. Trautschold).

M. Bleicher ajoute que, dans toutes les régions étudiées par lui, il a trouvé le permien en concordance avec le trias et avec toute la grande série secondaire. Il admet que partout où le grès des Vosges est à découvert, c'est par suite de l'enlèvement du manteau triasique et jurassique qui le recouvrait et qui, avant cette grande dénudation, devait donner au massif vosgien une hauteur de plus de 2.000 mètres.

---

(1) *Bull. soc. hist. nat. de Colmar*, 1870, 457.

ALPES PRINCIPALES. — Il existe dans le bassin de la Durance un terrain de transport particulier, très-puissant, composé de galets presque exclusivement calcaires, et qui est relevé sous des angles de 30°, 40° et même 70°. Ce dépôt a été considéré comme pliocène et son inclinaison a été attribuée au soulèvement des Alpes principales; mais ce soulèvement n'affecte, en Suisse, que la mollasse et n'a pas produit le moindre dérangement dans les terrains quaternaires de ce pays, qui ont conservé une horizontalité parfaite.

Frappé de cette différence, M. Desor (1) a étudié le terrain de transport de la Durance; il a reconnu qu'il se lie étroitement à celui des falaises des Mées, et que ses cailloux, comme ceux des Mées, sont généralement impressionnés. De plus, en suivant les couches relevées de ce terrain, on retombe, sans discordance aucune, en pleine mollasse, absolument comme, en Suisse, on passe de la mollasse à la nagelfluhe. D'ailleurs les cailloux impressionnés sont caractéristiques, en Suisse, des conglomérats miocènes. M. Desor est donc convaincu que le terrain de transport de la Durance est bien de l'âge de la mollasse; que, comme elle, il a été disloqué par le soulèvement des Alpes principales, et que celui des Alpes occidentales n'a pas de raison d'être. Il n'y aurait donc, pas plus en France qu'ailleurs en Europe, aucune trace d'un soulèvement quaternaire.

Filons de la Saxe et de la Bohême.

MM. Michel-Lévy et Choulette (2) classent de la manière suivante, par ordre d'ancienneté, les dislocations que les champs de filons de la Saxe et de la Bohême ont éprouvées depuis l'origine.

1. Direction N. 170° E. Fentes anciennes des granites et du gneiss gris, quelquefois disloquées par la schistosité (système de la Vendée).

2. N. 34° E. Anciens plissements de la granulite (Longmynd).

3. N. 135° E. Plissements de la granulite, du gneiss gris, cassures des schistes (Morbihan).

4. N. 51° E. Soulèvement de la granulite, du gneiss gris, des schistes, des grauwackes (Westmoreland).

5. N. 95° E. Plissements violents des schistes et des grauwackes. Soulèvement de l'Erzgebirge (Land's End).

6. N. 106° E. Plissements du gneiss et des micaschistes (Ballons).

(1) *Bull. soc. géol.*, XXVII, 35.

(2) *Mémoire sur les principaux champs de filons de la Saxe et de la Bohême septentrionale.* — Paris, Dunod, 1871.

7. N. 59° E. Soulèvement du gneiss de Mobendorf, des grauwackes et des zones houillères à sigillaires et à annulariées (Primitif de Lisbonne).

8. N. 168° E. Plissements des schistes (Forez).

9. N. 28° E. Éruption des pechsteins et du Felsitfels (Rhin).

10. N. 130° E. Grandes failles intéressant le terrain houiller et le rothliegendes (Thuringerwald).

11. N. 57° E. Soulèvement de l'Erzgebirge, intéressant le trias et le jura (Côte-d'Or).

12. N. 160° E. Failles et filons des terrains crétacés du nord de l'Allemagne (Mont Viso).

13. N. 117° E. Cassures et soulèvement de la craie supérieure dans la vallée de l'Elbe (Pyrénées).

14. N. 34° E. Failles de la Bohême occidentale (Alpes occidentales).

15. N. 78° E. Soulèvement de l'Erzgebirge, intéressant le miocène à lignite (Alpes principales).

16. N. 170° E. Réouvertures récentes, eaux minérales (Etna-Ténare).

17. N. 175° E. Soulèvement de l'Erzgebirge, érosion des plateaux (Etna-Ténériffe).

Passant à l'examen des filons métalliques, MM. Michel-Lévy et Choulette ont trouvé que les remplissages suivent aussi, dans leur distribution, un ordre conforme à celui des systèmes de montagnes.

Ainsi le greisen finement imprégné d'étain va du Westmoreland au Land's End. Les filons d'hyalomicte à gros éléments, de quartz, de feldspath, avec mouches d'étain, correspondent au Land's End. La venue des pyrites cuivreuses, rudimentaire en Saxe, s'étend du Land's End au Rhin. Le système du Rhin amène la grande venue sulfurée et la galène argentifère : ce fait ne se vérifie pas seulement en Bohême ; il est également vrai pour la haute Silésie et la Prusse rhénane, ce qui prouve l'existence en Europe, à l'époque du grès bigarré et du muschelkalk, d'une période métallifère très-marquée.

La venue barytique, ferrugineuse, fluorée et cuprifère se fait sentir dans l'intervalle du Thuringerwald au mont Viso. Aux Pyrénées correspond la venue sulfurée, arsenicale et antimonifère. Puis une nouvelle venue de barytine, de fluorine et de pyrites concrétionnées marque le passage des Pyrénées aux Alpes occidentales. Les Alpes occidentales déterminent la venue de dolomie et de calcite et le commencement de la venue uranifère. Enfin aux

Alpes principales correspondent la pechblende et la dernière venue argentifère.

En résumé, les remplissages sulfurés riches de l'Erzgebirge correspondent à deux époques distinctes, d'une part le trias, d'autre part la fin de la période tertiaire.

COSMOGONIE.

M. Stanislas Meunier (1) a basé sur l'étude des météorites une théorie géogénique dont voici les traits principaux:

Les météorites ont souvent une structure bréchiforme : fréquemment la pâte est métallique et les fragments empâtés sont pierreux; mais jamais les météorites métalliques ne se trouvent en morceaux anguleux dans celles du type pierreux. Si donc on regarde les météorites comme les produits de la destruction d'un même astre, on en conclura que, sur cet astre, la solidification a marché de la surface au centre, ce qui permet de supposer qu'il en a été de même sur notre terre.

La différence entre les fers météoriques qui offrent le phénomène des figures de Widmanstætten et ceux qui ne donnent pas lieu à cette apparence proviendrait de ce que les premiers ont subi un refroidissement très-lent, tandis que les autres, injectés en filons dans la croûte, se sont solidifiés rapidement.

Quant aux causes qui ont pu amener la rupture du globe météoritique originaire, M. Meunier, adoptant les théories déjà émises sur l'assimilation de l'état présent de la lune à l'avenir de la terre, en voit la révélation dans les rainures que présente la surface lunaire : ces rainures ne seraient que des fissures béantes, destinées à s'agrandir de plus en plus et à déterminer l'éclatement de notre satellite.

Le globe dont les météorites sont supposées originaires aurait donc été un satellite de la terre, plus petit que la lune et, par suite, détruit avant elle; et ses fragments formeraient autour de la terre un anneau dont les éléments tombent de temps en temps sur la surface de notre globe.

(1) *Moniteur scientifique*, 1er et 15 février 1871.

EXPLOSION D'UNE CHAUDIÈRE A VAPEUR

AU PUITS MONTERRAD N° 2 DE LA CONCESSION DE FIRMINY (LOIRE).

Avis de la commission centrale des machines à vapeur.

Dans sa séance du 7 septembre 1871, à laquelle assistaient:

MM. COMBES, président;
JACQMIN, membre;
MM. CALLON, rapporteur;
CLÉRY, secrétaire;

la commission centrale des machines à vapeur, sur le renvoi fait par Monsieur le ministre des travaux publics, en date du 21 août 1871, a pris connaissance des pièces concernant l'explosion d'une chaudière à vapeur, au puits Monterrad n° 2, de la concession de Firminy (Loire), et elle a entendu la lecture du rapport suivant, rédigé par M. l'ingénieur en chef des mines, rapporteur.

RAPPORT.

Le 16 janvier dernier, le puits Monterrad n° 2, de la concession de Firminy (Loire), a été le théâtre d'une explosion de chaudière à vapeur qui a causé la mort de trois ouvriers.

Le ministre des travaux publics a transmis à la commission centrale des machines à vapeur, pour examen et avis, le rapport de MM. les ingénieurs, dont un double a été adressé à M. le procureur de la République à Saint-Étienne.

Il résulte de ce rapport que la chaudière, dont un des bouilleurs a fait explosion, appartient à un groupe de quatre générateurs dont trois sont en feu à la fois, le qua-

trième étant en réparation ou en nettoyage. La chaudière qui a éclaté était précisément celle qui avait été nettoyée la semaine précédente; elle n'avait d'ailleurs que trois ans et demi de service, elle était en bon état, munie de tous ses appareils de sûreté, convenablement réglés et entretenus. Rien n'indique que la chaudière ait été mal conduite, et notamment qu'elle ait manqué d'eau, bien que l'accident se soit produit au moment où l'on venait d'ouvrir le robinet d'alimentation de cette chaudière.

Le bouilleur recevant l'eau d'alimentation s'est fendu suivant une section droite, les deux parties séparées ont été projetées en sens contraire, en démolissant une partie du fourneau.

Les trois chauffeurs, renversés sous les débris, ont été violemment brûlés par le jet de vapeur et surtout par l'eau bouillante, et ont tous trois succombé à leurs blessures, après une cruelle agonie de quelques jours.

MM. les ingénieurs se sont attachés à rechercher les causes d'un accident aussi fâcheux par ses suites, survenu sur un appareil qui semblait au premier abord dans des conditions parfaitement régulières et rassurantes. Voici leur explication.

Chaque générateur est formé d'un corps cylindrique et de deux bouilleurs réchauffeurs *à chauffage progressif*, chauffés successivement après le corps cylindrique, selon le système introduit par M. Farcot; seulement les bouilleurs, au lieu d'être placés latéralement, sont, sans doute en vue de ménager l'espace, placés au-dessous du corps cylindrique et tous deux au même niveau. La flamme du foyer passe sous le corps cylindrique, revient de l'arrière à l'avant en enveloppant le bouilleur n° 1, et retourne à l'arrière en enveloppant le bouilleur n° 2. L'alimentation se fait à l'arrière de ce dernier bouilleur. La communication entre les bouilleurs est à l'avant, la vidange se fait également par l'avant, et pour la rendre plus facile et plus

complète, l'ensemble des deux bouilleurs a reçu une faible pente de l'arrière à l'avant. En outre la communication entre ces bouilleurs, qui ont $0^m,68$ de diamètre, n'a que $0^m,50$ de diamètre extérieur. Cette disposition est vicieuse, elle permet à l'air dégagé de l'eau sous la première impression de la chaleur, de rester dans le bouilleur n° 2, et MM. les ingénieurs ont calculé que plus du quart de la surface de chauffe de ce bouilleur (soit près de 7 mètres quarrés), pouvait être habituellement hors du contact de l'eau d'alimentation.

On avait là, en quelque sorte en permanence, une situation analogue à celle qu'on a dans un générateur où l'on a laissé accidentellement le plan d'eau baisser en dessous du sommet des carneaux.

On sait que, dans ce dernier cas, une alimentation intempestive, en déterminant un mouvement dans la masse d'eau, et une projection sur des parois surchauffées, est souvent la cause déterminante de l'explosion. Il en a été ainsi, et par les mêmes motifs, dans l'accident qui nous occupe.

MM. les ingénieurs relèvent avec raison la mauvaise disposition adoptée lors du montage des chaudières du puits Monterrad.

Il est évident que, dans tout générateur établi pour chauffer l'eau progressivement, en la faisant circuler dans une série de capacités, chacune de celles-ci doit être établie de manière à ne pouvoir devenir un réservoir d'air ou de vapeur, et il faut pour cela deux conditions : d'abord que la communication d'une capacité à la suivante ait lieu par une tubulure placée tout à fait à la partie supérieure de la première, et en second lieu, que tous les éléments de la surface supérieure de cette capacité aient une certaine inclinaison montante vers cette tubulure.

Les chaudronniers qui installent des chaudières ne se préoccupent pas toujours suffisamment de ces conditions.

L'accident de Firminy montre les conséquences possibles d'une installation vicieuse à cet égard.

Je pense donc qu'il serait utile de faire connaître au public, par une insertion dans les *Annales des mines et des ponts et chaussées*, les rapports de MM. les ingénieurs, ainsi que l'avis de la commission centrale.

Telle est, selon moi, la seule mesure que l'administration ait à prendre à l'occasion de cet accident, puisque d'ailleurs la justice a été saisie.

CALLON.

Avis de la commission.

La commission, après en avoir délibéré, approuvant les observations contenues dans le rapport qui précède, en adopte les conclusions.

L'ingénieur des mines, secrétaire,
HANET CLÉRY.

L'inspecteur général des mines, président de la commission,
Ch. COMBES.

Avis de M. TOURNAIRE, ingénieur en chef.

La cause de l'explosion de la première chaudière du puits Monterrad n° 2 est bien celle que signale M. l'ingénieur Gonthier, un vice de construction qui produisait un réservoir d'air dans la partie supérieure du bouilleur d'alimentation, et par suite une surface non mouillée au contact des flammes.

Le dessin de la chaudière à grande échelle (Pl. X, *fig.* 1, 2 et 3), montre quelle était l'importance de ce défaut.

Les deux bouilleurs, d'un diamètre de $0^m,68$, étaient réunis à l'avant par une seule communication en tôle de $0^m,50$ de diamètre intérieur; ce qui, en tenant compte de l'épaisseur, laissait en cet endroit dans le bouilleur d'alimentation, un vide de 82 millimètres de flèche. La flèche

était plus grande à l'extrémité postérieure, parce que le bouilleur avait une légère inclinaison, qui relevait de 8 centimètres le fond bombé voisin du registre. Cette disposition, irrationnelle au point de vue de la sécurité et de la circulation de l'eau, avait été adoptée pour la facilité de la vidange. Il en résultait que la surface intérieure non rafraîchie par le contact immédiat de l'eau pouvait s'élever à 27 p. 100 de la surface cylindrique totale, soit à 7 mètres quarrés $\frac{3}{4}$ environ.

Le faible diamètre des deux communications, qui reliaient, l'une les deux bouilleurs entre eux, l'autre le premier bouilleur à la chaudière, étaient d'ailleurs un grand obstacle au prompt dégagement de la vapeur qui pouvait se former brusquement sur la paroi suréchauffée, lorsque la surface de l'eau était agitée.

En réinstallant la chaudière qui avait éclaté, les exploitants des mines de Firminy ont établi trois jonctions entre chacun des bouilleurs neufs et le corps principal. Quant aux autres chaudières du même massif, ils ont fait communiquer par un tuyau l'extrémité postérieure du bouilleur d'alimentation de chacune d'elles avec le corps principal, de manière à assurer l'évacuation constante de l'air ou de la vapeur.

J'estime, comme M. Gonthier, que le malheureux accident du 16 janvier ne doit pas occasionner de poursuites judiciaires.

Saint-Étienne, le 4 août 1871.

Rapport de M. GONTHIER, *ingénieur ordinaire des mines.*

La machine d'extraction du puits Monterrad n° 2 est alimentée par un massif de quatre chaudières situé à côté du bâtiment du puits. Les chaudières, composées chacune

d'un corps cylindrique et de deux bouilleurs, sont placées parallèlement au bâtiment, ainsi que l'indiquent le plan et les coupes de la Pl. X, *fig.* 4, 5, 6 et 7.

Le 16 janvier, les trois chaudières 1, 3 et 4 marchaient ensemble (la chaudière n° 2 étant arrêtée pour cause de nettoyage), lorsque vers neuf heures et demie du matin, au moment où le chauffeur Grand (Antoine) venait d'ouvrir le robinet d'alimentation de la chaudière n° 1, l'un des bouilleurs de cette chaudière, celui qui est le moins chauffé et qui reçoit l'eau froide, se déchira suivant une section un peu inclinée. Le bout extrême qui était libre fut lancé en arrière et s'enfonça dans le registre qui ferme l'entrée de la cheminée. La partie d'avant se déplaça en sens inverse et se souleva, entraînant avec elle le deuxième bouilleur et le corps cylindrique, et renversant tout le massif soit en avant, soit du côté du bâtiment du puits (Voir *fig.* 8 et 9). Jetés violemment à terre et plus ou moins recouverts de débris brûlants, les trois chauffeurs furent surtout épouvantablement brûlés par l'eau chaude qui se répandit autour d'eux. Ils succombèrent à leurs blessures quelques jours plus tard à l'hôpital de la compagnie. Voici les noms de ces trois malheureuses victimes.

Grand (Antoine), 35 ans, marié, père de 3 enfants en bas âge.

Bonnavion (Pierre), 46 ans, marié, père de 4 enfants dont l'aîné âgé de 20 ans.

Dufour (Jean), 44 ans, veuf avec un enfant de 14 ans, remarié avec une veuve mère de 2 enfants.

Outre la rupture du bouilleur suivant une section presque droite, des déchirures s'étaient produites dans la tôle, soit à la communication du deuxième bouilleur avec le premier, soit à celle de ce dernier avec le corps cylindrique. Ces déchirures s'expliquent aisément par le mouvement déterminé par la partie antérieure du bouilleur. On s'explique de même comment le soulèvement produit par

l'explosion a renversé le massif sur le côté, par l'action du gros tube en fonte qui servait à réunir la vapeur des chaudières en feu.

Un bouilleur ne peut manquer d'eau tant qu'il en reste dans le corps cylindrique, et aucun indice ne portait à croire que la tôle du corps cylindrique eût rougi, néanmoins on se demanda tout d'abord si l'explosion n'était pas due à un défaut d'alimentation. Cette hypothèse ne tarda pas à être abandonnée devant l'examen des faits, et devant les déclarations des blessés, jointes à celles des chauffeurs de nuit, dont les premiers avaient pris la place trois heures avant l'accident. Au contraire il fut nettement établi que la chaudière était pleine d'eau, qu'elle était munie des appareils indicateurs du niveau (tube de verre, robinets, flotteur d'alarme), et que ces appareils fonctionnaient bien, enfin que les soupapes n'étaient pas surchargées et que la pression de la vapeur était la pression ordinaire de marche, à savoir 3 atmosphères $\frac{1}{2}$. En un mot rien absolument n'est à reprocher aux personnes chargées de la conduite des chaudières.

La chaudière ne datait que de trois ans et demi ; au moment de l'accident, il n'y avait que huit jours qu'elle avait été remise en feu après nettoyage. Le bouilleur était propre. Sur la ligne de déchirure, on ne remarquait aucun défaut apparent ; la tôle avait conservé sensiblement son épaisseur primitive de 8 millimètres. Cette épaisseur avait été calculée d'après la formule $e = 1{,}8\,(n-1)\,d + 3$, pour une pression de 5 atmosphères, supérieure à la pression ordinaire de marche. Les soupapes étaient réglées pour cette pression de 5 atmosphères.

Un calcul approximatif donne pour les tensions que la tôle éprouvait à 5 atmosphères : $1^{k},76$ par millimètre quarré le long de la génératrice, et $0^{k},87$ le long de la section droite. Or des essais faits à Terrenoire pour déterminer la résistance à la traction de la tôle de la chaudière

dans le voisinage de la section de rupture ont donné les résultats suivants :

				Limite d'élasticité.	Charge de rupture.	Allongement p. 100.
				kilog.	kilog.	
Barre de 20 centim. de long sur 3 centim. de large.	Essai pris suivant la génératrice.	Rupture parallèle à la section droite.	Sens en travers du laminage.	»	23,8	0,7
	Essai pris suivant la circonférence.	Rupture parallèle à la génératrice.	Sens en long du laminage.	22,5	30,2	6,5

Ces résultats indiquent une tôle de qualité médiocre, mais qui toutefois présentait une résistance largement suffisante pour l'usage auquel elle était employée.

Ainsi la cause de l'explosion restait obscure. Elle a depuis lors apparu clairement.

La cause de l'explosion réside dans la manière vicieuse, dont la communication était établie entre les deux bouilleurs ; voulant utiliser la chaleur aussi bien que possible, on avait fait communiquer avec le corps cylindrique le premier bouilleur seulement et seulement par un bout ; à l'autre bout ce premier bouilleur était relié au deuxième par une communication horizontale, et ce deuxième bouilleur recevait l'eau à son extrémité opposée. De cette façon, les flammes chauffant d'abord la chaudière d'avant en arrière, puis le premier bouilleur d'arrière en avant, et enfin le deuxième bouilleur d'avant en arrière, on assurait à l'eau une circulation rigoureusement inverse. Malheureusement on n'avait pas songé à étudier les communications des bouilleurs entre eux et avec la chaudière, et l'inclinaison de chaque bouilleur en vue d'empêcher qu'il y pût rester de l'air. Le deuxième bouilleur étant horizontal, et communiquant avec le premier à son extrémité antérieure par un tube rond qui laissait au-dessus de sa génératrice supérieure une flèche d'environ

12 centimètres, l'air pouvait s'accumuler dans tout le segment déterminé par cette flèche à la partie supérieure du bouilleur, et même dans un segment un peu plus grand si l'on tient compte de l'effet produit par la capillarité. Or l'eau froide poussée par un giffard contient toujours de l'air en dissolution, et cet air se dégage avant la température de 100 degrés. L'air devait donc s'accumuler dans le deuxième bouilleur, et ainsi la partie supérieure de ce bouilleur étant touchée par les flammes, pouvait arriver sinon au rouge, du moins à une température de plusieurs centaines de degrés. En cet état, un mouvement tumultueux de l'eau produit par une cause quelconque, principalement par le jeu de l'alimentation, devait amener une brusque production de vapeur. D'où l'explosion.

La catastrophe de Firminy doit servir d'instruction pour l'avenir. Voici entre autres, les règles dont elle montre l'utilité :

1° Disposer chaque communication de telle sorte que la section qu'elle détermine sur le cylindre d'où elle part, coupe la génératrice supérieure de ce cylindre;

2° Donner aux bouilleurs et aux communications une inclinaison suffisante pour qu'en aucun point un effet de capillarité ne puisse faire stationner l'air;

3° Emboîter les feuilles de tôle l'une dans l'autre dans le sens que doit suivre l'eau, c'est-à-dire dans le sens de l'inclinaison montante;

4° Lorsque les communications ne sont pas placées exactement à l'extrémité des bouilleurs, adapter au sommet de ces parties extrêmes, où l'air pourrait s'amasser, un tube montant qui ira déboucher, soit dans un bouilleur supérieur, soit dans la chaudière, soit dans la communication voisine;

5° Quand on se sert de manchons en fonte pour relier un cylindre avec un tube de communication, fixer les tôles en dedans du manchon et non le manchon en dedans des tôles,

attendu que cette dernière disposition laisserait nécessairement une partie rentrante qui retiendrait de l'air. Ce dernier point est signalé, quoiqu'il n'y ait point de parties en fonte dans les chaudières de Firminy, à cause d'un fait constaté tout récemment sur un bouilleur d'une chaudière de Montrambert.

Dans ce bouilleur, établi dans des conditions analogues à celui de Firminy, la tôle a été rongée très-rapidement sur une certaine largeur le long de la génératrice supérieure, probablement parce qu'un manchon en fonte placé à un bout en dedans des tôles permettait à l'air de stationner dans la partie supérieure, et qu'ainsi cette partie s'est trouvée soumise à une série de petits coups de feu.

Saint-Étienne, le 16 mars 1871.

BULLETIN.

Effets de la dynamite.

M. Paul Barbe, chef d'escadron d'artillerie de la garde mobile, et M. Brüll, ingénieur civil, ont fait, au fort de Montrouge, en présence de l'Empereur du Brésil, une série d'expériences tendant à démontrer les effets de la dynamite ; et ces expériences, auxquelles assistait un certain nombre d'officiers, ont montré une fois de plus la puissance de cette substance, connue depuis si peu de temps en France, et appelée, sans aucun doute, à rendre, au point de vue militaire, des services plus grands encore que ceux qu'on en a obtenus jusqu'à ce jour.

Première expérience. — Sur un rail à double champignon de 1m,50 de longueur et 0m,12 de hauteur, posé à plat sur le sol, on a placé sept cartouches de dynamite pesant environ 0k,065 l'une ; l'explosion a été produite par une cartouche-amorce de 0k,020, portant une capsule au fulminate de mercure, munie d'un bout de mèche de mineur. — Non-seulement le rail a été brisé, mais la partie où reposait la charge a été divisée en sept ou huit éclats de diverses grosseurs.

Deuxième expérience. — Dans un bloc cubique de fer forgé de 0m,300 de côté, pesant 292 kilogrammes, on avait percé un trou de 0m,025 de diamètre. Ce trou normal, au centre de l'une des faces, pénétrait de 0m,240. On le remplit de cinq cartouches de 0k,020 chacune, sans bourrage. — Après l'explosion, on reconnut que le trou avait été agrandi, et que les diamètres étaient de 0m,032 à l'orifice et de 0m,040 environ à l'intérieur, le vide présentant alors la forme d'une bouteille. Quatre fissures s'étaient produites dans la masse. — En rechargeant de 0k,140 environ le vide ainsi agrandi, on cassa par la seconde explosion le bloc en six morceaux, dont l'un fût projeté à 20 mètres de distance. — La cassure dénotait un fer de bonne qualité. Le diamètre du forage avait atteint 0m,047.

Troisième expérience. — Dans le pied d'un orme de 0m,87 de circonférence, on avait pratiqué à la tarière un trou de 0m,028 de diamètre et de 0m,22 de profondeur. On logea dans cette ouverture

environ $0^k,080$ de dynamite, dont l'explosion a coupé l'arbre à la hauteur même de la charge.

Quatrième expérience.—On a entouré un autre orme de $0^m,95$ de circonférence d'un saucisson de toile contenant $1^k,800$ environ de dynamite en cartouches; l'explosion produisit une entaille circulaire, sans amener la chute de l'arbre.

On recommence alors l'expérience en enroulant un chapelet de cartouches un peu plus bas; la charge totale étant de $3^k,500$ environ, l'explosion amène cette fois la chute de l'arbre, qui présente une cassure nette.

Cinquième expérience. — Un saucisson de toile de $2^m,50$ de longueur, renfermant $4^k,500$ par mètre courant, est attaché, à 4 mètres du sol horizontalement, sur la face intérieure du mur de façade d'une caserne destinée à être démolie. Le mur, construit en meulières, a $0^m,80$ d'épaisseur et 8 mètres environ de hauteur à l'endroit attaqué. — Le feu a été mis cette fois par l'électricité à l'aide de l'exploseur Bréguet. — L'explosion détermine une brêche de $3^m,50$ de largeur qui amène la chute de la partie supérieure du mur.

Deux autres explosions, faites l'une avec un tuyau de zinc de 2 mètres de longueur, contenant $5^k,200$ de poudre Nobel, et l'autre avec un saucisson de toile semblable à celui de la première explosion, produisent dans le mur des coupures correspondantes à la longueur de la charge, mais sans entraîner la chute de la muraille, qui reste debout quoique privée de supports sur une grande partie de sa longueur.

Sixième expérience. — Une charge de $0^k,700$ environ posée sur une pierre de taille de $0^m,60$ de longueur sur $0^m,50$ de largeur et $0^m,35$ d'épaisseur, la réduit à un très-grand nombre de morceaux, dont le plus gros, cube à peine 7 à 8 décimètres cubes.

Septième expérience. — Sur une plaque carrée, en fer forgé de $0^m,50$ de côté, et de $0^m,050$ d'épaisseur, on pose $2^k,700$ environ de dynamite. L'explosion brise la plaque en plusieurs morceaux qu'on retrouve assez profondément inscrustés dans le sol.

Huitième expérience. — Pour montrer la vitesse considérable que prendraient les éclats d'un projectile chargé de dynamite, on a, à deux reprises différentes, fait éclater une boîte en fer-blanc mince, contenant 2 kilogrammes de cette substance, à $0^m,25$ à peu près de distance d'une épaisse plaque de tôle.

Après chacune des explosions on a pu constater que les éclats du fer-blanc avaient criblé la surface de la tôle d'une quantité de trous de $0^m,002$ à $0^m,003$ de profondeur. Cette profondeur a même atteint $0^m,005$ pour quelques trous dans la seconde explosion.

Neuvième expérience. — On a produit des ruptures aux palissades du modèle ordinaire, en employant d'abord un saucisson de toile chargé de 2 kilogrammes par mètre, et suspendu par les deux extrémités aux pointes de la palissade, puis un tuyau de zinc, contenant 2^k,600 par mètre, placé à air libre au pied de la palissade. Dans la première explosion, sur quatorze pieux intéressés, neuf sont coupés à la hauteur du saucisson et cinq sont atteints plus ou moins profondément, mais sans être renversés.

Dans la seconde explosion, au contraire, les cinq pieux placés devant le tuyau de zinc sont nettement rasés.

On a pu constater, en outre, dans la seconde explosion, qu'aucun éclat n'était projeté du côté de l'opérateur.

Dixième expérience. — Un tonneau cerclé en fer, de 2 hectolitres de contenance, placé debout et rempli d'eau, porte à sa partie supérieure une ouverture carrée par laquelle on jette un paquet de quatre cartouches muni de deux mèches préalablement allumées.

Après l'explosion, on ne retrouve plus trace du tonneau : à la place où il reposait s'est produit un entonnoir de 0^m,40 de profondeur.

— Tels sont les résultats constatés, résultats que nous nous contentons de rapporter sans aucun commentaire; la poudre Nobel est encore chez nous un sujet d'étude; nous sommes, sous ce rapport, fort en retard sur nos voisins, et il est important de grouper le plus grand nombre possible de faits pour arriver à des conclusions et à des formules pratiques; mais, en dehors des services qu'elle peut rendre au point de vue militaire, cette substance est appelée à rendre des services signalés à l'industrie, à cause des économies considérables que sa force explosible permet de réaliser dans l'exploitation des mines, et un article de l'*Engineering* du 26 janvier dernier constate les progrès considérables que son emploi fait chaque jour en Allemagne et en Angleterre.

Mine de sel gemme de Cardona.

La masse de sel gemme actuellement visible à Cardona, présente la forme d'un ovale irrégulier ayant 1.700 mètres de longueur de l'est à l'ouest, sur 450 mètres environ de largeur du nord au sud. Elle est divisée de l'est à l'ouest par deux gorges parallèles et entourée au sud-ouest et au nord par de hautes montagnes dans lesquelles on rencontre beaucoup de roches amphiboliques.

A l'extrémité de l'une des deux gorges, se dresse une montagne de sel rose ayant plus de 100 mètres de hauteur et de l'autre côté de laquelle se trouve une grande excavation.

Cette excavation, produite par les effondrements des terrains ébouleux, augmente constamment : elle mesure aujourd'hui 100 mètres de profondeur sur un diamètre de plus de 400 mètres; les deux tiers au moins de ses parois sont formés par des surfaces polies de sel gemme offrant des couleurs variées.

Le sel de Cardona se montre sous des aspects très-différents. Les couches superficielles sont presque toujours composées de sel opaque, de couleur généralement rouge ou orangée, mais offrant aussi toutes les couleurs depuis le lilas jusqu'au jaune.

Le sel opaque doit sa coloration à un peu de bitume ou d'argile; c'est le plus abondant et le plus riche.

Quant au sel cristallin, il est assez rare.

Enfin, il y a quelquefois du sel spongieux.

Depuis le 1er janvier 1870, date à laquelle a été mise en vigueur la loi du 16 juin 1869 suppprimant la régie, le duc de Mœdina Cæli, propriétaire du gisement de Cardona, a pu en tirer un parti beaucoup plus avantageux que cela n'avait lieu sous l'administration de l'État.

Trente ou quarante ouvriers, gagnant un salaire moyen de 7 à 8 réaux (1f,80 à 2f,10), suffisent actuellement pour extraire chaque jour 40.000 kilogrammes de sel.

Le sel de Cardona se vend d'ailleurs au prix moyen de 7f,85, soit une différence de 67 p. 100 meilleur marché que pendant le monopole et 21 p. 100 de moins que le sel marin dont il n'a ni l'odeur ni l'amertume, mais qui, en revanche, contient beaucoup moins de matières étrangères.

(Extrait d'une dépêche de M. DUBOUL, *consul général de France à Barcelone.)*

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME VINGTIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

MÉTALLURGIE. — MINÉRALURGIE.

OBJETS DIVERS.

BULLETIN.

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME VINGTIÈME.

822—Paris. — Imprimerie Cusset et Ce, rue Racine, 26.

ANNALES

DES MINES.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les Annales des Mines sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Ministre des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, de membres du conseil général des mines, du directeur et des professeurs de l'École des mines, et d'un ingénieur, remplissant les fonctions de secrétaire :

MM.

Combes, inspecteur général de 1re cl., membre de l'Académie des Sciences, directeur de l'École des mines, *président*.

Élie de Beaumont, sénateur, insp. général de 1re cl. (en retraite), membre de l'Acad. des Sciences, professeur de géologie au Collége de France et à l'École des mines.

De Boureuille, conseiller d'État, inspecteur général de 1re cl., secrétaire général du ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics.

De Billy, inspecteur général de 1re cl.

Piérard, inspecteur général de 1re cl.

Gruner, inspecteur général de 1re cl., professeur de métallurgie.

Dusouich, inspecteur général de 2e cl.

Daubrée, inspecteur général de 2e cl., membre de l'Académie des sciences, professeur de minéralogie.

MM.

Couche, inspecteur général de 2e cl., professeur de construction et de chemins de fer.

Harlé, inspecteur général de 2e cl.

De Cheppe, ancien chef de la division des mines.

Callon, ingénieur en chef de 1re cl., professeur d'exploitation.

Dupont, ingénieur en chef de 1re cl., professeur de droit des mines.

Bayle, ingénieur en chef de 2e classe, professeur de paléontologie.

Delesse, ingénieur en chef de 2e cl., professeur d'agriculture,

Lamé-Fleury, ingénieur en chef de 2e cl., secrétaire du conseil général des mines.

Moissenet, ingén. ordinaire de 1re cl., professeur de docimasie, *secrétaire de la commission*.

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des Annales des Mines pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les Annales des Mines doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre des Travaux Publics, à M. l'ingénieur secrétaire de la commission des* Annales des Mines, boulevard Saint-Michel, 60, à Paris.

Avis.

Les auteurs reçoivent *gratis* 15 exemplaires de leurs articles, formant au moins une feuille d'impression. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 9 fr. par feuille jusqu'à 50, 10 fr. de 50 à 100, et 5 fr. pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des Annales des Mines a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. — Les deux volumes consacrés aux matières scientifiques et techniques contiennent de 70 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

822.—PARIS. —IMPRIMERIE DE CUSSET ET Ce, RUE RACINE, 26.

ANNALES
DES MINES

PARTIE ADMINISTRATIVE

OU

RECUEIL
DE LOIS, DÉCRETS, ARRÊTÉS ET AUTRES ACTES

CONCERNANT

LES MINES ET USINES ET L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER;

PUBLIÉ

Sous l'autorisation du ministre des Travaux publics.

SIXIÈME SÉRIE.

TOME X.

PARIS.
DUNOD, ÉDITEUR,
SUCCESSEUR DE Vve DALMONT,
Précédemment Carilian-Gœury et Vor Dalmont
LIBRAIRE DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,
Quai des Augustins, 49.

1871

ANNALES

DES MINES.

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT LES MINES, USINES, LES CHEMINS DE FER
EN EXPLOITATION, ETC.

AOUT ET SEPTEMBRE 1870.

Décret du 22 *août* 1870 *portant que la redevance proportionnelle à payer par les concessionnaires de la mine de fer de Change (Saône-et-Loire), pendant les années* 1869, 1870, 1871, 1872 *et* 1873, *est réglée, sous forme d'abonnement, à la somme annuelle de* 1.551f,59 *en principal.*

Décret du 3 *septembre* 1870 *portant que la redevance proportionnelle à payer par la Compagnie des mines d'anthracite de Montigné (Mayenne), pendant les années* 1869, 1870, 1871, 1872 *et* 1873, *est réglée, sous forme d'abonnement, à la somme annuelle de* 3.470 *francs en principal.*

CIRCULAIRES ET INSTRUCTIONS

ADRESSÉES

A MM. LES PRÉFETS, A MM. LES INGÉNIEURS DES MINES, ETC.

DÉCEMBRE 1870, JANVIER ET FÉVRIER 1871.

MOBILISATION DES HOMMES DE 21 A 40 ANS.

Sursis de départ pour les ouvriers d'exploitations houillères.

A M. le Préfet du département d

Bordeaux, le 14 décembre 1870.

Monsieur le Préfet, à la suite des décrets qui ont successivement mobilisé les hommes mariés ou non, veufs ou avec enfants, de vingt et un à quarante ans, le gouvernement a reconnu la nécessité de dispenser du service les agents des manufactures d'armes, les employés de chemins de fer, postes, télégraphes, etc. Il était impossible, en effet, de laisser en souffrance des services publics d'une aussi grande importance et qui sont, d'ailleurs, les auxiliaires les plus utiles des armées en campagne.

A côté de ces services exceptionnels, vient se placer une nature d'entreprises qui peut, dans les circonstances actuelles, revendiquer, au moins dans quelques cas spéciaux, les caractères de l'intérêt général ; c'est l'exploitation des mines de houille. La houille, en effet, est, on le sait, l'aliment essentiel de toutes les industries : sans elle, pas de transport possible sur les chemins de fer ; sans elle, les usines métallurgiques de toute nature seraient condamnées à l'inaction, et, si la houille venait à leur manquer, toutes ces usines qui fabriquent, les unes des objets d'équipement pour l'armée, les autres les canons, les mitrailleuses, les engins de guerre de toute espèce et les munitions qui leur correspondent,

se verraient obligées de cesser leur travail, et la force de nos armées serait en quelque sorte annulée.

Le gouvernement a donc pensé qu'il pourrait y avoir lieu d'accorder aux exploitations de mines de houille pour leurs ouvriers entre vingt et un et quarante ans, non pas précisément une dispense de service dans la garde nationale mobilisée, mais seulement un sursis de départ, et à la condition que ces exploitations organiseraient leurs ouvriers en compagnies de garde nationale et les exerceraient au maniement des armes, de telle façon qu'ils pussent prendre place dans les rangs de l'armée, le jour où il serait nécessaire de réclamer leur appel à l'activité.

Je viens, Monsieur le Préfet, vous communiquer cette décision du gouvernement, en vous priant d'en assurer l'exécution pour les exploitations de mines de houille qui peuvent exister dans votre département : des demandes doivent vous être adressées par les exploitants; elles seront instruites par MM. les Ingénieurs des mines et vous voudrez bien me les transmettre ensuite, avec les rapports de ces ingénieurs et votre avis, pour être statué ce que de droit.

Je vous prie de m'accuser réception de la présente circulaire, dont j'adresse ampliation à MM. les ingénieurs des mines.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre des travaux publics,

Pour le Ministre et par autorisation :

***Le Secrétaire général*,**

Signé : **DE BOUREUILLE.**

MOBILISATION DES HOMMES DE 21 A 40 ANS.

Sursis de départ pour les ouvriers d'exploitations houillères.

A M. le Préfet du département d

Bordeaux, le 4 janvier 1871.

Monsieur le Préfet, j'ai eu l'honneur de porter à votre connaissance, par ma circulaire du 14 décembre dernier, la décision de principe prise par le gouvernement pour accorder, à certaines conditions déterminées, des sursis de départ aux ouvriers des houillères de vingt et un à quarante ans appelés à faire partie de la garde nationale mobilisée.

L'application de cette décision ayant soulevé dans quelques localités des difficultés sérieuses et paraissant même, dans plusieurs circonstances, dépasser le but à atteindre, le maintien de la production de la houille au niveau des besoins, le gouvernement a pensé qu'il y avait lieu de soumettre la question à un nouvel examen et de suspendre jusqu'à plus ample informé l'exécution de la décision du 28 novembre dernier.

Provisoirement et en attendant la solution définitive de la question, cette décision sera appliquée en ce sens qu'il ne sera accordé de sursis de départ, parmi les ouvriers mineurs de vingt et un à quarante ans, qu'au nombre jugé nécessaire pour la marche régulière des exploitations, et ce nombre sera fixé, dans chaque cas, par l'administration supérieure, sur l'avis des ingénieurs des mines et du préfet du département.

J'ai l'honneur, Monsieur le Préfet, de vous communiquer ces dispositions, en vous priant d'en assurer l'exécution, le cas échéant, pour ce qui concerne votre département.

Je vous prie d'ailleurs d'inviter MM. les Ingénieurs des mines à examiner et à vous faire connaître si la nouvelle mesure prise par le gouvernement ne doit pas suffire pour maintenir les exploitations houillères dans les conditions de développement en rapport avec les besoins de la consommation. Je vous serai ensuite obligé de me transmettre leur avis, en y joignant vos observations particulières.

Je vous prie, Monsieur le Préfet, de m'accuser réception de la présente, dont j'adresse ampliation à MM. les Ingénieurs des mines.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre des travaux publics,
Pour le Ministre et par autorisation :
Le Secrétaire général,
Signé : DE BOUREUILLE.

Tournées de MM. les Ingénieurs des mines en 1871.

A M. , *Ingénieur des mines.*

Bordeaux, le 24 janvier 1871.

Monsieur, MM. les Ingénieurs des mines doivent produire, chaque année, à l'administration les projets des tournées qu'ils se proposent de faire dans le courant de l'année.

Je viens vous prier, Monsieur, de vouloir bien vous occuper, sans retard, de la rédaction du projet d'itinéraire que vous aurez à présenter, en ce qui concerne votre service pour l'année 1871, et je vous serai obligé de me l'adresser le plus promptement possible.

Je ne puis, d'ailleurs, que me référer, pour la rédaction des projets de tournées en question, aux instructions sur la matière, et j'ajouterai seulement que les projets des ingénieurs ordinaires devront, suivant l'usage, me parvenir par l'intermédiaire des ingénieurs en chef.

Recevez, Monsieur, l'assurance de ma considération très-distinguée.

Le Ministre des travaux publics,
Pour le Ministre et par autorisation :
Le Secrétaire général,
Signé : DE BOUREUILLE.

Procès-verbaux de visite des mines dressés en 1870.

A M. le Préfet du département d

Bordeaux, le 8 février 1871.

Monsieur le Préfet, M. l'Ingénieur en chef des mines a dû vous faire parvenir, pour la campagne de 1870, les procès-verbaux de visite des mines de votre département, avec le rapport d'ensemble qui doit les accompagner.

Je viens vous prier, Monsieur le Préfet, de vouloir bien m'adresser le plus promptement possible ces documents. Je vous serai, d'ailleurs, obligé d'y joindre les observations que vous pourriez avoir à présenter sur cette partie essentielle du service.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre des travaux publics.
Pour le Ministre et par autorisation
Le Secrétaire général,
Signé : DE BOUREUILLE.

PERSONNEL.

DÉCRETS ET DÉCISIONS RELATIFS AU PERSONNEL DES MINES.

SEPTEMBRE, DÉCEMBRE 1870, JANVIER, FÉVRIER, MARS ET AVRIL 1871.

DÉCRETS.

22 *janvier* 1871. — M. Descos, ingénieur ordinaire, est nommé officier dans l'ordre de la Légion d'honneur.

31 *janvier* 1871, — M. Clérault, ingénieur ordinaire, capitaine des mineurs auxiliaires, est nommé au grade de chevalier dans l'ordre de la Légion d'honneur.

DÉCISIONS MINISTÉRIELLES.

10 *septembre* 1870. — M. Jacquot, ingénieur en chef, est autorisé à organiser, avec les ingénieurs, agents et ouvriers du service de surveillance des carrières de Paris, un bataillon des mineurs auxiliaires du génie, spécialement préposé à la surveillance et à la garde des carrières sous Paris, ainsi qu'à la pose et à la mise en feu de torpilles aux abords de toutes les portes de la rive droite.

30 *décembre* 1870. — M. Olry, élève ingénieur, sera chargé, à titre provisoire, du sous-arrondissement minéralogique de Valenciennes, en remplacement de M. Ichon, en congé.

26 *janvier* 1871. — M. Sauvage, ingénieur en chef de 2e classe, est remis en activité. Il est élevé à la 1re classe de son grade.

28 *janvier* 1871. — M. Diday, inspecteur général, est chargé de la direction du contrôle des travaux à exécuter d'urgence pour le ravitaillement de Paris.

22 *février* 1871. — M. Aguillon, ingénieur ordinaire, actuelle-

ment attaché au service du sous-arrondissement minéralogique d'Albi, sera attaché au service du sous-arrondissement minéralogique de Montpellier, en remplacement de M. de Cizancourt.

31 *mars* 1871. — M. Ichon, ingénieur ordinaire, attaché au sous-arrondissement minéralogique de Valenciennes, est mis, sur sa demande, en disponibilité.

8 *avril* 1871. — M. Duporcq, ingénieur ordinaire, attaché au service du sous-arrondissement minéralogique de Metz, sera attaché au service du sous-arrondissement minéralogique de Valenciennes, en remplacement de M. Ichon.

DÉCÈS.

M. Choulette, ingénieur ordinaire de 3e classe, le 9 février 1871.

M. Arnoux, ingénieur ordinaire de 1re classe, le 19 février 1871.

M. de Hennezel, inspecteur général de 1re classe, le 5 mars 1871.

M. de l'Espée, ingénieur ordinaire de 2e classe, le 25 mars 1871.

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT LES MINES, USINES, LES CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

MAI ET JUIN 1871.

Arrêté du chef du pouvoir exécutif de la République française, en date du 23 juin 1871, portant concession au sieur Stanislas Thibaut *de mines de plomb, zinc et argent, dans les communes* de Riols et de Prémian, *arrondissement* de Saint-Pons, *département* de l'Hérault.

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Riols*, est limitée conformément au plan annexé au présent arrêté ainsi qu'il suit, savoir :

Au sud, par le lit de la rivière du Jaur, depuis le point A, intersection de cette rivière avec la limite des communes de Prémian et Saint-Étienne d'Albagnan, jusqu'au point B, rencontre de ladite rivière avec le ruisseau de Saurine et de Fontelar ;

A l'ouest, par la limite des communes de Riols et Saint-Pons, depuis le point B, défini ci-dessus, jusqu'au point C, intersection de cette limite avec la route départementale n° 11 ;

Au nord, par une première ligne droite, partant du point C et aboutissant au point E, rencontre des limites des communes de Riols, de Fraisse et de Prémian, puis par une seconde ligne droite allant dudit point E au point K, confluent des ruisseaux de la Combe et du Verdier, sur la limite des communes de Prémian et de Saint-Vincent ;

A l'est, par la limite de la commune de Prémian, du point K au point de départ A.

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 28 kilomètres quarrés, 80 hectares.

Art. 4. Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de 0f,10 par hectare de terrain compris dans la concession.

CIRCULAIRES ET INSTRUCTIONS

ADRESSÉES

A MM. LES PRÉFETS, A MM. LES INGÉNIEURS DES MINES, ETC.

MAI ET JUIN 1871.

REDEVANCES DE L'EXERCICE 1871.

Produits de 1870.

A M. le Préfet du département d

Versailles, le 15 juin 1871.

Monsieur le Préfet, les circonstances malheureuses que nous venons de traverser ne m'ont pas permis jusqu'à présent d'adresser à MM. les ingénieurs des mines les formules imprimées qui leur sont nécessaires pour la rédaction des états relatifs à l'assiette des redevances de l'exercice 1871 (produits de 1870) ; je viens de leur transmettre ces formules, en les invitant à s'occuper immédiatement du travail en question.

Je vous prie, Monsieur le Préfet, de faire tout ce qui dépendra de vous pour que le comité d'évaluation puisse être appelé à délibérer, dans le plus bref délai possible, sur la fixation du revenu net imposable des diverses exploitations minières de votre département. Vous voudrez bien, aussitôt que les opérations de ce comité seront terminées, me faire parvenir, comme à l'ordinaire, les pièces destinées à en présenter le résultat.

Vous aurez, en outre, à transmettre à M. le ministre des finances les *duplicata* qui doivent lui être soumis, et afin de vous mettre à même de faire vos *duplicata*, j'ai l'honneur de vous envoyer, par

le courrier de ce jour, un nombre suffisant de formules imprimées. Je vous serai obligé de m'en accuser réception.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre des travaux publics.

Pour le Ministre et par autorisation :

Le Secrétaire général,

Signé : DE BOUREUILLE.

REDEVANCES DE L'EXERCICE 1871.

Produits de 1870.

A M. , Ingénieur des mines.

Versailles, le 15 juin 1871.

Monsieur, les circonstances malheureuses que nous venons de traverser ne m'ont pas permis jusqu'à présent de vous adresser les formules imprimées qui vous sont nécessaires pour la rédaction des états relatifs à l'assiette des redevances de l'exercice 1871, sur les mines du sous-arrondissement qui vous est confié, et j'ai l'honneur de vous les transmettre aujourd'hui.

Je vous prie de vous occuper immédiatement de ce travail et de faire tout ce qui dépendra de vous pour que le comité d'évaluation de chaque département puisse être appelé à délibérer, dans le plus bref délai possible, sur la fixation du revenu net imposable de chaque exploitation.

Vous aurez d'ailleurs, suivant l'usage, à dresser trois copies de ce travail, savoir : une pour la préfecture, une autre pour les archives de votre bureau, la troisième pour mon ministère. Cette dernière copie devra être remise, avec les avis du directeur des contributions directes et le procès-verbal de la délibération du comité d'évaluation, à M. l'ingénieur en chef, qui me fera parvenir le tout, par l'intermédiaire du préfet, en y joignant ses observations.

Recevez, Monsieur, l'assurance de ma considération distinguée.

Le Ministre des travaux publics.

Pour le Ministre et par autorisation :

Le Secrétaire général,

Signé : DE BOUREUILLE.

PERSONNEL.

DÉCRETS ET DÉCISIONS RELATIFS AU PERSONNEL DES MINES.

MAI ET JUIN 1871.

DÉCISIONS MINISTÉRIELLES.

19 juin 1871. — M. Lefébure de Fourcy, inspecteur général, est désigné pour remplacer, dans la commission chargée de la vérification des comptes du premier établissement des chemins de fer compris dans le réseau de la compagnie d'Orléans, M. l'inspecteur général de Hennezel, décédé.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS

ÉTAT GÉNÉRAL DU PERSONNEL DES MINES

AU 1er AOUT 1871.

M. LE BARON DE LARCY,

MEMBRE DE L'ASSEMBLÉE NATIONALE, MINISTRE.

M. DE BOUREUILLE (G O ✻),

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES MINES, *SECRÉTAIRE GÉNÉRAL.*

BUREAUX DE L'ADMINISTRATION CENTRALE.

DIVISION DU PERSONNEL.

M. Porée (O ✻), Chef de division.

M. Michel, Chef de bureau.

M. Ligneau, Chef de bureau.

DIVISION DES MINES ET USINES.

M. Foubert (O ✻), Chef de division.

1er Bureau. — Mines. — Appareils a vapeur.

Recherches et concessions de mines. — Études de terrains, topographies souterraines. — Surveillance des mines, minières, tourbières, carrières. — Avis à donner sur les statuts des sociétés anonymes formées pour les exploitations de mines, d'usines minéralurgiques, etc. — Secours aux ouvriers mineurs, etc. — Machines et bateaux à vapeur.

M. Dequet, Chef de bureau.

M. Quénescourt, Sous-Chef de bureau.

2e Bureau. — Usines et manufactures. — Eaux minérales. — Cartes géologiques et Cartes agronomiques.

Police des usines métallurgiques et minéralurgiques, des usines pour l'élaboration du sel gemme et le traitement des eaux salées. — Inspection du travail des enfants dans les manufactures. — Recherche, captage, amenagement et conservation des sources minérales. — Cartes géologiques et agronomiques. — Collections géologiques et minéralogiques.— Laboratoires de chimie pour l'analyse des substances minérales et des engrais industriels. — Examen des inventions se rapportant à l'industrie métallurgique. — Redevances des mines. — Annales des mines.

M. Demanche, Chef de bureau.

M. Bizé, Sous-Chef de bureau.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

Réunion et coordination des documents statistiques sur les mines, usines, carrières, tourbières, etc.; sur les machines à vapeur fixes, les machines locomotives et les bateaux à vapeur. — Questions de douanes, d'octroi. — Questions techniques. — Comptes rendus.

MM. Cte de Vassart d'Hozier ✻, *Ingénieur des mines*, chargé provisoirement de la direction du service.

Lartigue ✻, Chef de bureau.

Rosa, Sous-Chef de bureau.

DIVISION DE L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER.

M. Gilly ✻, Chef de division.

DIVISION DE LA COMPTABILITÉ.

M. Dillé (O ✻), Chef de division.

CONSEIL GÉNÉRAL DES MINES.

LE MINISTRE, *Président.*

Le Secrétaire général du Ministère des travaux publics est membre permanent du Conseil général des Mines.

Le Directeur général des Ponts et Chaussées et des Chemins de fer siége dans le Conseil général des Mines avec voix délibérative pour les affaires concernant le service des Chemins de fer.

Membres du Conseil :

MM.

COMBES (C ✻), Inspecteur général de 1re classe, *Vice-Président.*

DE BILLY (O ✻),
GRÜNER (O ✻), } Inspecteurs généraux de 1re classe.

FRANÇOIS (O ✻),
DU SOUICH (O ✻),
DAUBRÉE (C ✻),
HARLÉ (O ✻),
LEFÉBURE DE FOURCY (O ✻), } Inspecteurs généraux de 2e classe.

LAMÉ-FLEURY ✻, Ingénieur en chef de 2e classe, *Secrétaire du Conseil,* rue de Verneuil, n° 62.

ZEILLER, Ingénieur ordinaire de 3e classe, *attaché au Secrétariat du Conseil.*

COMMISSION CENTRALE DES MACHINES A VAPEUR.

Membres de la Commission.

MM.

COMBES (C ✵), Inspecteur général, Directeur de l'École des Mines, Membre de l'Académie des Sciences, *Président.*

PIÉRARD (O ✵), Inspecteur général des mines.

COUCHE (O ✵), Inspecteur général, Professeur à l'École des Mines.

FOURNEL (C ✵), inspecteur général des Mines (en retraite).

PIRONNEAU (C ✵), inspecteur général du génie maritime (en retraite).

REGNAULT (C ✵), Ingénieur en chef des Mines, Membre de l'Académie des Sciences.

LECHATELIER (O ✵), Ingénieur en chef des Mines.

CALLON (O ✵), Ingénieur en chef, Professeur à l'École des Mines, *Rapporteur*, rue de l'Odéon, n° 9.

JACQMIN (O ✵), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Professeur à l'École des Ponts et Chaussées.

Hanet-Cléry ✵, Ingénieur ordinaire des Mines, *Secrétaire de la Commission*, rue La Bruyère, n° 8.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Le Secrétaire général fait partie de la Commission.

Membres de la Commission.

MM.

Combes (C ✻), Inspecteur général, Directeur de l'École des Mines, *Président.*

Élie de Beaumont (G O ✻), Inspecteur général en retraite, Professeur à l'École des Mines, membre de l'Académie des sciences.

De Billy (O ✻), Inspecteur général.

Piérard (O ✻), *idem.*

Grüner (O ✻), *idem.* Professeur à l'École des Mines.

François (O ✻), inspecteur général.

Du Souich (O ✻), *idem.*

Daubrée (C ✻), Inspecteur général, Professeur à l'École des Mines.

Couche (O ✻), Inspecteur général, Professeur à l'École des Mines.

Harlé (O ✻, Inspecteur général.

Lefébure de Fourcy (O ✻), Inspecteur général.

Callon (O ✻), Ingénieur en chef, Professeur à l'École des Mines.

Dupont ✻, *idem.*

Bayle ✻, *idem.*

Delesse ✻, *idem.*

Lamé-Fleury ✻, Ingénieur en chef, Secrétaire du conseil général des Mines.

Moissenet ✻, Ingénieur ordinaire, Professeur à l'École des Mines, *Secrétaire de la Commission*, boulevard Saint-Michel, n° 60.

COMMISSION PERMANENTE CHARGÉE DE L'EXAMEN DES INVENTIONS ET DES RÈGLEMENTS CONCERNANT LES CHEMINS DE FER.

Membres de la commission.

MM.

COMBES (C ✻), Inspecteur général des Mines, Directeur de l'École des Mines, Membre de l'Académie des Sciences, ***Président.***

DE SERMET (C ✻), Inspecteur général des Ponts et Chaussées, ***Vice-président.***

DIDAY (O ✻), Inspecteur général des Mines.

COUCHE (O ✻), Inspecteur général des Mines, Professeur à l'École des Mines.

DUPARC (O ✻), Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

DUFRESNE (O ✻), *idem.*

THOYOT (O ✻), *idem.*

SAUVAGE (C ✻), Ingénieur en chef des Mines. . . } Membres désignés par le syndicat des chemins de fer.

AUDIBERT (O ✻), Ingénieur ordinaire des Mines. } Membres désignés par le syndicat des chemins de fer.

Collignon ✻, Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées, ***Secrétaire.***

MINES.

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE PREMIÈRE CLASSE.

MM.

Combes (C ✻), Directeur de l'École nationale des mines, Membre de l'Académie des sciences, boulevard Saint-Michel, n° 60, à l'École.

De Boureuille (G O ✻), *Secrétaire général du Ministère*, rue Saint-Dominique-Saint-Germain, n° 60, au Ministère.

De Billy (C ✻), boulevard Haussmann, n° 105.

Piérard (O ✻). (*congé illimité*), *Directeur des chemins de fer de l'Ouest*, avenue d'Antin, n° 1.

Grüner (O ✻), rue d'Assas, 118.

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE DEUXIÈME CLASSE.

MM.

François (O ✻), rue de Verneuil, n° 30.

Du Souich (O ✻), rue Férou, n° 4.

Daubrée (C ✻), rue de Grenelle-Saint-Germain, n° 91.

Diday (O ✻), *Contrôle de l'exploitation des chemins de fer*, rue Jean-Baptiste-Say, n° 4.

Couche (O ✻), *Contrôle de l'exploitation des chemins de fer*, rue Bonaparte, n° 1.

Harlé (O ✻), rue de Milan, n° 15.

Lefébure de Fourcy (O ✻), rue Madame, n° 18.

INSPECTIONS GÉNÉRALES.

INSPECTION DU NORD-OUEST.

M. Du Souich (O ✻), Inspecteur général de deuxième classe.

Service dans les départements: Seine.—Seine-et-Oise.—Seine-et-Marne.—Eure-et-Loir. — Loiret. — Oise. — Somme. — Aisne. — Pas-de-Calais. — Nord —Sarthe. —Mayenne.—Ille-et-Vilaine.—Morbihan. — Finistère.— Côtes-du-Nord.— Manche. — Calvados.— Orne.— Eure. — Seine-Inférieure.

INSPECTION DU NORD-EST.

M. Harlé (O ✻), Inspecteur général de deuxième classe.

Service dans les départements : Ardennes. — Meuse. — Marne. — Aube. — Yonne. — Saône-et-Loire. — Ain. — Jura. — Doubs. — Côte-d'Or. — Haute-Saône. — Haute-Marne. — Vosges. — Meurthe.

INSPECTION DU CENTRE.

M. Lefébure de Fourcy (O ✻), Inspecteur général de deuxième classe.

Service dans les départements : Loir-et-Cher. — Indre. — Indre-et-Loire. — Maine-et-Loire. — Loire-Inférieure. — Vendée. — Deux-Sèvres. — Charente-Inférieure. — Charente. — Dordogne. — Vienne. — Haute-Vienne. — Corrèze. — Creuse. — Puy-de-Dôme. — Cantal. — Haute-Loire. — Nièvre. — Cher. — Allier. — Loire. — Rhône.

INSPECTION DU SUD-EST.

M. François (O ✻), Inspecteur général de deuxième classe.

Service dans les départements : Isère. — Hautes-Alpes. — Basses-Alpes. — Savoie. — Haute-Savoie. — Drôme. — Vaucluse. — Var. — Bouches-du-Rhône. — Alpes-Maritimes. — Corse. — Gard. — Hérault. — Lozère. — Ardèche.

INSPECTION DU SUD-OUEST.

M. Daubrée (C ✻), Inspecteur général de deuxième classe.

Service dans les départements : Gironde. — Lot-et-Garonne. — Gers. — Landes. — Basses-Pyrénées. — Hautes-Pyrénées. — Ariége. — Pyrénées-Orientales. — Aude. — Haute-Garonne. — Tarn. — Tarn-et-Garonne. — Aveyron. — Lot.

TABLEAU DU SERVICE DES MINES

PAR

DIVISIONS, ARRONDISSEMENTS ET SOUS-ARRONDISSEMENTS MINÉRALOGIQUES.

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscriptions des sous-arrondissements.	Gardes-mines.
DIVISION DU NORD-OUEST.			
M. Du Souich (O ✻), Inspecteur général de 2e classe.			
Arrondissement de Paris.			
MM. Jacquot (O ✻), Ingénieur en chef de 1re classe.			
Descos (O ✻), 1re cl. Jordan, 2e classe.	Paris.	Seine.	De Précorbin, 4e cl.
Lévy (Mich.) ✻, 3e cl.	Paris.	Seine-et-Oise. Seine-et-Marne. Eure-et-Loir. Loiret.	Thouvenin, 1re cl. Urbain, 2e cl. Makowiecki, ppal.
Liénard, 2e classe.	Amiens.	Somme. Oise. Aisne.	Savreux, 4e cl. Jurkowski, 1re cl.
Arrondissement de Lille			
MM. Declerck ✻, Ingénieur en chef de 2e classe, prov. à Valenciennes.			
Matrot, 3e classe.	Lille.	Nord.—Arr. de s.-préf. de Lille, Hazebrouk, Dunkerque, Douai et Avesnes, moins les mines de houille des arr. de Lille, de Douai et les appar. à vap. de celui d'Avesnes.	Lefèvre, 5e cl.
Duporcq, 2e classe.	Valenciennes.	Nord. — Arr. de s.-préfect. de Valenciennes et Cambrai, y compris les mines de houille des arrond. de Lille, de Douai et les appar. à vap. de celui d'Avesnes.	Lafont, 5e cl.
Voisin (Arm.), 3e cl.	Arras.	Pas-de-Calais.	Cauillte, 3e cl.

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscriptions des sous-arrondissements.	Gardes-mines.

Arrondissement de Rouen.

MM. Roger ✱, Ingénieur en chef de 2e classe.

De Genouillac, 2e cl.	Rouen.	Seine-Inférieure. . . Eure.	Halipré, 2e cl. Nibourel, 3e cl.
Vieillard, 2e cl. . .	Caen.	Manche. Calvados. . . . . . . Orne.	Fornier, 2e cl.

Arrondissement de Rennes.

MM. Bosset ✱, Ingénieur en chef de 2e classe.

Julien ✱, 1re classe.	Le Mans. . . .	Sarthe. Mayenne.	Pénélon, 5e cl.
Massieu ✱, 1re cl. .	Rennes.	Ille-et-Vilaine. . . . Côtes-du-Nord. Morbihan. Finistère.	Yvart, 3e cl. Cadieu, 3e cl.

DIVISION DU NORD-EST.

MM. Harlé (O ✱), Inspecteur général de 2e classe.

Arrondissement de Troyes.

Meugy ✱, Ingénieur en chef de 1re classe.

Nivoit, 3e classe. . .	Mézières.	Ardennes. . . . . . Meuse.	Maigret, 5e cl. Foucault, 4e cl. Thirion, 5e cl.
Debette ✱, 1re classe	Troyes.	Marne. . . . . Aube. . . . . Yonne.	Barbry, 3e cl. Pestelard, 1re cl.

Arrondissement de Nancy.

MM. Dubocq (O ✱), Ingénieur en chef de 2e classe.

Braconnier, 2e classe.	Nancy.	Meurthe. . . . . Vosges.	Vitoux, 2e cl. Albert, 1re cl.

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscriptions des sous-arrondissements.	Gardes-mines.
Arrondissement de Dijon.			
MM. Trautmann ✻, Ingénieur en chef de 2e classe.			
Henry, 3e cl.	Vesoul.	Haute-Saône.	Brossette, 5e cl.
Rigaud, 3e classe. .	Chaumont. . . .	Haute-Marne	Salzard, 3e cl. Préchey, 5e cl. Froissardey, 5e cl.
Villié, 2e classe. . .	Dijon.	Côte-d'Or.	Chevallot, 3e cl.
Arrondissement de Chalon-sur-Saône.			
MM. Jutier ✻, Ingén. ordin. 1re classe f. f. d'Ingénieur en chef.			
Chosson ✻, 2e classe.	Chalon.	Saône-et-Loire.. . . Ain.	Heuret, 1re cl. Soudan, 4e cl.
Langlois, 3e classe..	Besançon. . . .	Doubs. . . . . Jura.	Vassal ✻, 2e cl.
DIVISION DU CENTRE.			
MM. Lefébure de Fourcy (O ✻), Inspecteur général de 2e classe.			
Arrondissement de Périgueux.			
Bère ✻, Ingénieur en chef de 2e classe.			
. . . .	Périgueux.. . .	Dordogne. . . . . . Charente.. . . . . . Charente-Inférieure.	Martine, 2e cl. Jeannin, 5e classe.
Silhol, 3e classe.. .	Limoges	Corrèze. Creuse. . . . . Haute-Vienne. . . . Indre.	Jourdan, 3e cl. Fontaine, 3e cl.
Arrondissement de Nantes.			
MM. Gentil ✻, Ingénieur en chef de 1re classe.			
Lorieux ✻, 1re classe.	Nantes.	Loire-Inférieure. . .	Vivien, 2e cl.
Brossard de Corbigny ✻, 2e classe..	Angers.	Maine-et-Loire. . . Vendée. Deux-Sèvres.	Fopp, 4e cl.
Dermoy ✻, 1re classe.	Tours..	Indre-et-Loire. . . . Loir-et-Cher. Vienne.	Guèze, 4e cl.

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscriptions des sous-arrondissements.	Gardes-mines.
Arrondissement de Saint-Étienne.			
MM. Tournaire ✻, Ingénieur en chef de 2e classe.			
Gonthier, 2e cl. . .	Saint-Étienne. .	Loire.—Moins les cantons de justice de paix de Rive-de-Gier, St-Chamond et Pelussin.	Koss ✻, principal. Maircy, 4e cl. Raphanel, 2e cl.
Leseure ✻, 1re cl. .	Rive-de-Gier.. .	Loire.—Cant. de Rive-de-Gier, St-Chamond et Pelussin.	Malplat, 5e cl. *Lavé, 3e cl.
Luuyt ✻, 1re classe.	Lyon.	Rhône..	Ogier, 3e cl. Sarran, 5e cl.
Arrondissement de Clermont.			
MM. Pigeon ✻, Ingénieur en chef de 1re classe.			
Castel (O ✻), 1re cl..	Clermont. . . .	Cantal. . . . . Puy-de-Dôme. . . . Haute-Loire	Jusseraud ✻, ppal. *Massin, 3e cl.
De Gouvenain ✻, 1re classe.	Moulins.	Allier.	Faugière ✻, ppal.
Heurteau, 3e cl.. . .	Bourges.	Cher. . . . . Nièvre.	Arragon, 3e cl. Savy, 4e cl.
DIVISION DU SUD-EST.			
M. François (O ✻), Inspecteur général de 2e classe.			
Arrondissement de Marseille.			
MM. Meissonnier, ✻ Ingénieur en chef de 1re classe.			
Villot 1re cl	Marseille. . . .	Bouches-du-Rhône. Corse.	Maire, 3e cl. *Lecomte, 5e cl. Canaly, 1re cl.
Juge, 1re classe. . .	Nice.	Alpes-Maritimes. Var.	
Lachat, 2e classe. .	Avignon.	Vaucluse. . . . . . . Basses-Alpes. Drôme.	Miziewicz, 1re cl.
Arrondissement de Chambéry.			
MM. Bochet ✻, Ingénieur en chef de 2e classe.			
Perrin, 3e classe. .	Chambéry. . .	Savoie. Haute-Savoie.	Goddard, 4e cl. Gardes, 4e cl. Mermillod, 5e cl.
Baudinot ✻, 1re cl..	Grenoble. . . .	Isère. . . . . Hautes-Alpes. . . .	Gayet, 1re cl. Bourdon, 2e cl. *Gilly, 4e cl. Pondruel, 5e cl.

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscriptions des sous-arrondissements.	Gardes-mines.
Arrondissement d'Alais.			
MM. De Cizancourt ✻, Ingén. ordin. 1re classe f. f. d'Ingénieur en chef.			
Ledoux, 2e classe.	Alais.	Gard.	Mittre, 1re cl. Munier, 3e cl.
Delafond, 3e classe.	Privas.	Ardèche. Lozère.	Thomas (A), 2e cl.
Aguillon ✻, 3e clas.	Montpellier.	Hérault.	Rouet, 2e cl.
DIVISION DU SUD-OUEST.			
M. Daubrée (C ✻), Inspecteur général de 2e classe.			
Arrondissement de Bordeaux.			
MM. Guillebot de Nerville (O ✻), Ingénieur en chef de 1re classe.			
Linder (O ✻), 1re cl.	Bordeaux.	Gironde. Lot-et-Garonne.	Noël, 2e cl. Cazenave, 3e cl. Cazenave, *d.n.*, 3e cl.
Genreau ✻, 3e classe.	Pau.	Basses-Pyrénées. Landes. Gers.	
Arrondissement de Rodez.			
MM. Peschart d'Ambly ✻, Ingénieur en chef de 2e classe.			
Jausions ✻, 1re cl.	Rodez.	Aveyron. — Moins les arrond. de sous-préf. de Millau et St-Affrique.	Espérandieu, 5e cl.
Benoit, 2e classe.	Albi.	Lot. Tarn-et-Garonne. Tarn. — Et les arrond. de sous-préf. de Millau et St-Affrique dans le départem. de l'Aveyron.	Thomas (F.), 5e cl.
Arrondissement de Toulouse.			
MM. Furiet ✻, Ingénieur en chef de 2e classe.			
Peslin, 2e classe.	Tarbes.	Haute-Garonne. Hautes-Pyrénées.	Barrier, 4e cl.
N.	Carcassonne.	Aude. Pyrénées-Orientales.	Ronzaud (C.), 4e cl.
Vieira, 3e classe.	Vic-Dessos.	Ariége.	Maulglier, 5e cl.

SERVICES SPÉCIAUX ET SERVICES DIVERS.

Surveillance des appareils à vapeur, usines métallurgiques et statistique de l'industrie minérale dans le département de la Seine.

MM. **Descottes** ✻, Ingénieur en chef de 1re classe, à Paris.

Ingénieurs ordin. { Martelet ✻, 1re classe. . . . . / Worms de Romilly, 2e classe. . . . . . . } Paris.

Gardes-mines.

Laurent. . . . . pal.	Dunkel. . . . . . 2e cl.	Minisclous. . . 3e cl.	Tourneur. . . . 4e cl.
Chabat. . . . . . 2e cl.	Delaissement. . . 3e cl.		

Carrières de Paris et du département de la Seine.

MM. **Jacquot** (O ✻), Ingénieur en chef de 1re classe, *d. n.*, à Paris.

Ingénieurs ordin. { Descos (O ✻), 1re classe, *d. n.* . . . . / Jordan, 2e classe, *d. n.* . . . . } Paris.

Garde-mines.

Fagot. . . . . 5e cl.

Travaux de consolidation des carrières sous la ville de Fécamp (Seine-Inférieure).

MM. **Roger** ✻, Ingénieur en chef de 2e classe, *d. n.*, à Rouen.

Ingénieur ordin. . | De Genouillac, 2e classe, *d. n.* . . . . . Rouen.

Topographie des bassins houillers de Valenciennes (Nord), et du département du Pas-de-Calais.

MM. **Declerck** ✻, Ingénieur en chef de 2e classe, *d. n.*, à Valenciennes.

Bassin de Valenciennes.

Ingénieur ordin. . | Duporcq, 3e classe, *d. n.* . . . . Valenciennes.

Garde-mines :

Lafont, *d. n.* . . . . 3e cl.

Bassin du Pas-de-Calais.

Ingénieur ordin. | Voisin (Armand), 3e classe, *d. n.* . . . Arras.

Topographie du bassin houiller d'Aubin (Aveyron).

MM. Peschart d'Ambly ✻, Ingénieur en chef de 2e classe, *d. n.*, Rodez.
Ingénieur ordin. . | Jausions ✻, 1re classe, *d. n.* . . . . Rodez.

Topographie du terrain d'anthracite de Sarthe et Mayenne.

MM. Bossey ✻, Ingénieur en chef de 2e classe, *d. n.*, à Rennes.
Ingénieur ordin. . | Julien ✻, 1re classe, *d. n.* . . . . Le Mans.

Garde-mines :

Thomas (François), *d. n.* . . 5e classe.

Topographie des minières du Cher. (*Études.*)

Heurteau, Ingénieur ordinaire de 3e classe, *d. n.*, à Bourges.

Études des terrains composant le bassin houiller d'Autun (S.-et-L.)

MM. Jutier ✻, Ingén. ordin. 1re classe f. f. d'Ingénieur en chef, *d. n.*, à Chalon.
Ingénieur ordin. . | Jordan, 2e classe, *d. n.* . . . . Paris.

Garde-mines.

Massin, *d. n.* . . 5e cl.

Expériences sur les propriétés de la vapeur.

M. Regnault (C ✻), Ingénieur en chef de 1re classe, à Sèvres.

Établissement thermal de Luxeuil.

M. Henry, Ingénieur ordinaire de 3e classe, *d. n.*, à Vesoul.

Garde-mines :

Chalot. . . . . 3e cl.

Mission scientifique.

M. Lechatelier (O ✻), Ingénieur en chef de 1re classe.

Études sur les gisements métallurgiques du Mexique.

M. Laur ✻, Ingénieur ordinaire de 1re classe.

Carte géologique générale de la France.

MM. ÉLIE DE BEAUMONT (GO ✻), Insp. gén. de 1re cl. (en retraite), **Directeur.**
DE CHANCOURTOIS (O ✻), Ingénieur en chef de 1re classe, **Sous-Directeur.**

Ingénieurs ordin.	Fuchs (O ✻), 2e classe..........	Paris.
	Potier ✻, 2e classe, *d. n.*........	
	De Lapparent, 2e classe........	
	Douvillé, 3e classe, *d. n*........	
	Clérault ✻, 3e classe..........	

Guyerdet, aide-préparateur aux collections géologiques et aux collections départementales.
Jedlinski, garde-mines principal, chargé des travaux graphiques.

Cartes géologiques et cartes agronomiques départementales.

Départements.	Noms des ingénieurs. MM.	Grades.	Résidences.
Ardèche....	Castel ✻...........	ing. ord. 1re cl.	Clermont.
	Ledoux.............	ing. ord. 2e cl.	Alais.
Ardennes....	Meugy ✻...........	ing. en ch. 1re cl.	Troyes.
	Nivoit.............	ing. ord. 3e cl.	Mézières.
Ariége.....	Vieira.............	ing. ord. 3e cl.	Vic-Dessos.
Aude......	Vène (O ✻).........	insp. gén. (en ret.).	Paris.
Côte-d'Or....	Guillebot de Nerville (O ✻)..	ing. en ch. 1re cl.	Bordeaux.
	Peschart d'Ambly ✻.....	ing. en ch. 2e cl.	Rodez.
Creuse.....	Mallard ✻..........	ing. ord. 1re cl.	Saint-Étienne.
Dordogne....	Marrot (O ✻).........	insp. gén. (en ret.).	Périgueux.
Gers......	Jacquot (O ✻).........	ing. en ch. 1re cl.	Paris.
Gironde.....	Pigeon ✻...........	ing. en ch. 1re cl.	Clermont.
Ille-et-Vilaine.	Massieu ✻...........	ing. ord. 1re cl.	Rennes.
Indre......	Carnot.............	ing. ord. 2e cl.	Paris.
Jura......	Langlois............	ing. ord. 3e cl.	Besançon.
Landes.....	Jacquot (O ✻).........	ing. en ch. 1re cl.	Paris.
Loire (Haute-).	Tournaire ✻.........	ing. en ch. 2e cl.	Saint-Étienne.
Manche.....	Vieillard............	ing. ord. 2e cl.	Caen.
Pas-de-Calais..	Du Souich (O ✻).......	insp. gén. 2e cl.	Paris.
Saône-et-Loire.	Manès (O ✻)..........	ing. en ch. (en ret.)	"
	Jordan.............	ing. ord. 2e cl.	Paris.
Seine-et-Marne.	Delesse ✻...........	ing. en ch. 2e cl.	Paris.
	Potier.............	ing. ord. 2e cl.	Paris.
Sèvres (Deux-).	Brossard de Corbigny ✻....	ing. ord. 2e cl.	Angers.
Vendée.....	Descottes ✻..........	ing. en ch. 1re cl.	Paris.
Vienne (Hte-)..	Mallard ✻...........	ing. ord. 1re cl.	Saint-Étienne.

SERVICES DÉTACHÉS.

GOUVERNEMENT GÉNÉRAL DE L'ALGÉRIE.

SERVICE DES MINES.

DÉPARTEMENT D'ALGER.

MM. Ville (O ✱), Ingénieur en chef de 1re classe. . . . . } à Alger.
Vatonne ✱, Ingénieur ordinaire de 1re classe. . . . . }

Gardes-Mines.

Lussac. . . . . . 4e cl. | Pésez. . . . . . 4e cl.

DÉPARTEMENT D'ORAN.

MM. Rocard ✱, Ingénieur ordinaire de 1re classe. . . . . . à Oran.
Pouyanne, Ingénieur ordinaire de 1re classe . . . . . . à Tlemcen.

Gardes-Mines.

Mœvus. . . . . . pp^al. | Bouty. . . . . . 3e cl. | Devillers. . . . 4e cl. | Pichard. . . . . 4e cl.
Pomel. . . . . 2e cl.

DÉPARTEMENT DE CONSTANTINE.

MM. Mœvus ✱, Ingénieur en chef de 1re classe. . . . . . à Constantine.
Flajolot ✱, Ingénieur ordinaire de 1re classe. . . . . . à Bône.
Tissot, Ingénieur ordinaire de 2e classe. . . . . à Batna.

Gardes-Mines.

Auvergne. . . . 5e cl. | Burtaire. . . . 5e cl.

Ministère de l'Agriculture et du Commerce.

M. de Freycinet ✱, Ingén. ordin. de 1re classe. — Service d'inspection du travail des enfants dans les manufactures.

ÉCOLE POLYTECHNIQUE.

MM.
Regnault (C ✱), *de l'Institut*, Ingénieur en chef de 1re classe. — *Professeur*.
Delaunay (O ✱), *idem*. Ingénieur en chef de 1re classe. — *Professeur*.
Phillips ✱, *idem*. Ingénieur en chef de 2e classe, *d. n.* — *Professeur*.
Bertrand, *idem*. *élève Ingénieur* — *Professeur*.
Haton de la Goupillière ✱, Ingénieur ordinaire de 1re classe. — *Examinateur*.
Cornu, Ingénieur ordinaire de 3e classe. — *Professeur*.
Potier, Ingénieur ordinaire de 2e classe, *d. n.* — *Répétiteur adjoint*.

Manufacture impériale de porcelaine de Sèvres.

M. Regnault (C ✱), Ingénieur en chef de 1re classe, *d. n.*, Directeur.

TURQUIE.

M. Béral, Ingénieur ordinaire de 2e classe.

INGÉNIEURS EN DISPONIBILITÉ, EN CONGÉ ILLIMITÉ, ETC.

DISPONIBILITÉ.

M. Sauvage (C ✻), Ingénieur en chef de 1re classe.

CONGÉ ILLIMITÉ.

Ministère des Affaires étrangères.

M. Gauldrée-Boileau (O ✻), Ingénieur ordinaire de 2e classe, Ministre plénipotentiaire au Pérou.

COMPAGNIES DIVERSES EN FRANCE ET HORS DE FRANCE.

MM.

Piérard (O ✻), Insp. gén. de 1re cl.	Chemins de fer de l'Ouest.
Sens ✻, Ingénieur ordinaire de 1re cl.	Compagnie des usines métallurgiques de Marquise.
Audibert (O ✻), Ingénieur ordinaire de 2e classe	Chemin de fer de Lyon à la Méditerranée
Noblemaire ✻, Ingénieur ordin. de 1re cl.	Chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée (Direction des ch. de fer algériens, à Alger.
Bertera ✻, Ingénieur en chef de 1re cl. Coince ✻, Ingénieur ordinaire de 2e cl.	Chemin de fer d'Orléans et prolongements.
Lan (O ✻), Ingénieur ordinaire de 1re cl. Mussy, Ingénieur ordinaire de 2e cl.	Forges et fonderies de Commentry et Châtillon.
Houpeurt ✻, Ingénieur ordinaire de 2e cl.	Mines de la Loire.
Huyot ✻, Ingénieur ordinaire de 2e cl.	Chemins de fer du Midi.
Parran ✻, Ingénieur ordinaire de 1re cl.	Compagnie générale des mines de fer magnétique de la Mokta-el-Hadid (Algérie).
Barré, Ingénieur ordinaire de 2e classe.	Société des chemins de fer autrichiens. (Directeur adjoint.)

INGÉNIEURS EN CONGÉ ILLIMITÉ SANS DESTINATION.

MM.

Dubois, Ingénieur ordin. de 1re classe.	Moutard, Ingénieur ordin., 2e cl.
Gumenge ✻, Ingén. ordin. de 2e classe.	Demongeot, Ingén. ordin. de 3e classe

---

ÉCOLE NATIONALE DES MINES.

Boulevard Saint-Michel, nos 60 et 62.

DIRECTION ET ADMINISTRATION.

MM.
Combes (C ✱), Inspecteur général de 1re classe, Directeur.
Dupont ✱), Ingénieur en chef de 1re classe, Inspecteur.

ENSEIGNEMENT.

Cours oraux.

MM.		
Daubrée (C ✱), Inspecteur gén. de 2e cl.	Professeur.	Minéralogie.
Élie de Beaumont (G O ✱), Inspecteur général de 1re classe (en retraite)	*idem.*	Géologie.
De Chancourtois (C ✱), Ingénieur en chef de 1re classe	*id.* (adj.)	Géologie.
Callon (O ✱), Ing. en chef de 1re classe.	*idem.*	Exploitation des mines et machines.
Grüner (O ✱), Inspect. gén. de 1re classe.	*idem.*	Métallurgie.
Moissenet ✱, Ingén. ordin. de 1re classe.	*idem.*	Docimasie.
Couche (O ✱), Insp. général de 2e classe.	*idem.*	Chemins de fer. — Constructions industrielles.
Dupont ✱, Ingénieur en chef de 1re classe.	*idem.*	Législation des mines.
Delesse ✱, Ingénieur en chef de 2e classe.	*idem.*	Agriculture, drainage, irrigations.
Bayle ✱, Ingénieur en chef de 2e classe.	*idem.*	Paléontologie.
Schlesinger		Langue allemande.
Elwall		Langue anglaise.

Exercices pratiques.

MM.	
Moissenet ✱, Ing. ord. de 1re cl., *d. n.*, Directeur.	Laboratoires.
Carnot, Ingénieur ordinaire de 2e classe, Adjoint.	Laboratoires.
Rigout, Préparateur.	Laboratoires.
Fuchs (O ✱), Ingénieur ordinaire de 2e classe.	Levé de plans.
Lenoir.	Travaux graphiques.

Collections relatives à l'industrie minérale.

MM.
Dupont ✱, Ingénieur en chef de 1re classe, Conservateur.
Bayle ✱, Ingénieur en chef de 2e classe, Conservateur adjoint de la Collection de paléontologie.
De Lapparent, Ingénieur ordinaire de 2e classe, Conservateur adjoint des collections départementales.
Bayan, Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées de 3e classe, attaché au service de la collection de paléontologie
Friedel, Conservateur adjoint de la collection de minéralogie.
Guyerdet, Aide préparateur.

Cours préparatoires pour les candidats à l'externat.

MM.

Haton de la Goupillière ✻, Ingén. ordinaire de 1re cl.	Professeur.	Analyse et Mécanique.
Fuchs (O ✻), Ingénieur ordinaire de 2e classe.	*id.*	Géométrie descriptive.
Potier ✻, ingénieur ordinaire de 2e classe.	*id.*	Physique.
Carnot, ingénieur ordinaire de 2e classe.	*id.*	Chimie générale.

Bureau d'essais pour les substances minérales.

MM.

Moissenet ✻, ing. ord., Directeur.
Carnot, ingénieur ordinaire, Adjoint.

Delvaux, Aide.
Rioult, *idem.*
Brunet, *idem.*

Service de santé.

M. Lacroix (O ✻), Médecin-Chirurgien.

Secrétariat. — Bibliothèque. — Collections.

MM.

Audebez, Secrétaire régisseur.
Brunet de Boyer, Commis bibliothéc.
Pons, Commis aux écritures.

MM.

Léjard, Expéditionnaire.
Zulinski, Employé temporaire aux collections.

CONSEIL DE L'ÉCOLE.

Le Conseil est présidé par le Ministre.

MM.

Combes (C ✻), Insp. général de 1re classe, Directeur de l'Ecole, *Vice-Prés.*
Élie de Beaumont (G O ✻), *idem* (en retraite). Professeur.
De Billy (C ✻), Inspecteur général de 1re classe.
Grüner (O ✻), *idem. idem.* Professeur.
Daubrée (C ✻), *idem.* de 2e classe. Professeur.
Couche (O ✻), *idem. idem. idem.*
Callon (O ✻), Ingénieur en chef de 1re classe, *idem.*
Delesse ✻, Ingénieur en chef de 2e classe. *idem.*
Bayle ✻ *idem. idem. idem.*
Moissenet ✻, Ingénieur ordinaire de 1re classe, *idem.*
Dupont ✻, Ingénieur en chef de 1re classe, Professeur, Inspecteur de l'École, *Secrétaire.*

ÉLÈVES INGÉNIEURS DES MINES.

PREMIÈRE CLASSE.	DEUXIÈME CLASSE.	TROISIÈME CLASSE.
Amiot.	Voisin (Honoré).	Boutiron.
Vital.	Durand de Grossouvre.	Wichersheimer.
Olry.	Le Verrier.	De Curières de Castelnau.
	Bertrand (Marcel).	Pelletan.
	Boutan.	D'Esclaibes.

ÉCOLE DES MINEURS DE SAINT-ÉTIENNE.

— *Département de la Loire.*

Administration.

M. Cacarrié ✻, Ingén. en chef de 1re classe, *d. n.*, Directeur de l'École.

Enseignement.

MM.

Mallard ✻, Ing. ord. de 1re cl.	Professeur.	Minéralogie et Géologie.
Meurgey, Ing. ordin. de 2e cl.	*idem.*	Préparation mécanique et machines; Exploitation et Construction.
Vicaire, Ing. ordin. de 2e cl.	*idem.*	Chimie et Métallurgie.
Baroulier, Répétiteur de chimie.	Préparateur.	Arithmétique et Comptabilité.
Grand'Enry, Répétiteur.		Géométrie, Levé de plans et Dessin.

Dalger, 1er Surveillant des études.
Labbé, 2e Surveillant des études.
Guillot, Expéditionnaire-bibliothécaire.

CONSEIL DE L'ÉCOLE.

— Le conseil de l'École est composé de l'Ingénieur en chef, Directeur de l'École, et des trois Ingénieurs ordinaires chargés de l'enseignement.

ÉCOLE DES MAÎTRES-OUVRIERS-MINEURS D'ALAIS.

— *Département du Gard.*

Cette École est placée sous l'Inspection de l'Ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique d'Alais.

MM.

Ledoux, Ingénieur ordinaire de 2e classe, *d. n.*, Directeur de l'École.

Magnon, Garde-mines, 2e cl.	Répétiteur, 1er Sous-Maître.
Garreau, *idem.* 4e cl.	Répétiteur, 2e Sous-Maître.
Glépin	Surveillant des études.

TABLEAU PAR ANCIENNETÉ,

DANS CHAQUE GRADE ET DANS CHAQUE CLASSE,

DES INGÉNIEURS DES MINES.

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE PREMIÈRE CLASSE.

Noms des Ingénieurs.	Naissance.	Élève Ingénieur.	Ingénieur ord. 2e classe.	Ingénieur ord. 1re classe.	Ingén. en chef. 2e classe.	Ingén. en chef. 1re classe.	Inspect. généraux 2e classe.	Inspect. généraux 1re classe.
Combes (C ✻). .	26 déc. 1801.	15 nov. 1820.	26 mai 1824.	1er mai 1832.	22 dec. 1836.	23 déc. 1845.	24 mars 1848.	28 mars 1857.
De Boureuille (G O ✻).	25 déc. 1807.	15 nov. 1828.	1er nov. 1833.	29 avril 1839.	1er déc. 1845.	18 déc. 1846.	27 déc. 1854.	22 juin 1863.
De Billy (C ✻). .	26 mai 1802.	15 nov. 1822.	2 mai 1827.	26 déc 1836.	7 mai 1840.	1er juin 1848.	28 mars 1857.	28 fév. 1864.
Piérard (O ✻). .	12 sept. 1815.	1er déc. 1837.	15 janv. 1844.	23 mai 1850.	10 janv. 1853.	29 déc. 1859.	22 juin 1863.	19 oct. 18[illegible].
Grüner (O ✻). . .	11 mai 1809.	15 nov. 1830.	14 sept. 1835.	1er juin 1841.	3 août 1847.	31 août 1855.	28 fév. 1866.	2 mai 1870

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE DEUXIÈME CLASSE.

Noms des Ingénieurs.	Naissance.	Élève Ingénieur.	Ingénieur ordin. 2e classe.	Ingénieur ordin. 1re classe.	Ingén. en chef. 2e classe.	Ingén. en chef. 1re classe.	Inspecteur génér. de 2e classe
François (O ✻).	13 juin 1808.	15 nov. 1830.	29 juin 1836.	23 déc. 1845.	29 avril 1848.	27 nov. 1858.	28 fév 1866.
Du Souich (O ✻).	6 avril 1812.	15 nov. 1831.	9 janv. 1837.	8 mars 1847.	7 févr. 1852.	29 déc. 1859.	11 juil. 1866.
Daubrée (C ✻).	25 juin 1814.	15 nov. 1834.	15 mai 1840.	1er juin 1848.	30 août 1855.	7 fév. 1863.	24 fév. 1867.
Diday (O ✻).	25 juill. 1809.	15 nov. 1830.	9 janv 1837.	8 mars 1847.	10 janv. 1853.	6 sept. 1861.	25 fév 1864.
Couche (O ✻).	24 janv. 1815.	15 nov. 1835.	1er avril 1842.	1er juin 1848.	30 août 1855.	7 fév. 1863.	id.
Harlé (O ✻).	10 sept. 1810.	15 nov. 1829.	14 sept. 1835.	23 déc. 1845.	10 janv. 1853.	6 sept. 1861.	6 mars 1869.
Lefébure de Fourcy (O ✻).	29 nov. 1812.	15 nov. 1831.	9 janv. 1837.	id.	23 avril 1856.	11 avril 1864.	15 déc. 1869.

NOTA. Les noms *en italiques* indiquent les ingénieurs en congé illimité.

INGÉNIEURS EN CHEF DE PREMIÈRE CLASSE.

Noms des Ingénieurs.	Naissance.	Élève Ingénieur	Aspirant ou Ingénieur de 3e classe	Ingénieur ordin. 2e classe.	Ingénieur ordin. 1re classe.	Ingén. en chef. 2e classe.	Ingén. en chef. 1re classe.
Regnault (C ✻).	21 juill. 1810.	15 nov. 1832.	1er juill. 1836.	15 oct. 1837.	23 déc. 1845.	7 sept. 1847.	31 août 1855.
Lechatelier (O ✻). . . .	20 fév. 1815.	1er déc. 1836.	1er août 1839.	1er juin 1841.	1er juin 1848.	23 mai 1850.	29 déc. 1859.
Callon (O ✻).	9 déc. 1815.	*id.*	*id.*	*id.*	*id.*	30 août 1855.	7 fév. 1863.
*Mœvus ✻.	3 fév. 1810.	15 nov. 1831.	1er juill. 1835.	15 sept. 1837.	23 déc. 1845.	16 fév. 1856.	11 avril 1864.
*Guillebot de Nerville (O ✻)	30 avril 1815.	1er déc. 1836.	10 mai 1841.	1er juill. 1843.	1er juin 1848.	23 avril 1856.	*id.*
*Jacquot (O ✻).	25 nov. 1817.	15 nov. 1839.	1er juill. 1843.	12 avril 1845.	28 mai 1850.	25 nov. 1858.	24 août 1865.
*Descottes ✻.	14 juin 1818.	*id.*	*id.*	*id.*	*id.*	*id.*	*id*
Dupont ✻.	15 août 1817.	15 nov. 1838.	*id.*	*id.*	*id.*	*id.*	*id.*
Delaunay (O ✻	9 avril 1816.	1er déc. 1836.	22 mai 1841.	1er juill. 1843.	21 juill. 1849.	*id.*	5 juin 1867.
Pigeon ✻.	22 juin 1813.	1er fév. 1835.	1er août 1838.	15 mai 1840.	23 mai 1850.	*id.*	*id.*
De Chancourtois (C ✻). .	9 janv. 1820.	15 nov. 1840.	15 sept. 1845.	10 fév. 1847.	28 avril 1856.	16 avril 1859.	*id.*
Meugy ✻.	8 janv. 1816.	15 nov. 1838.	1er juill. 1843.	12 avril 1845.	12 avril 1851.	22 août 1860.	30 juill. 1867.
Cacarrié ✻.	27 août 1818.	1er déc. 1847.	4 nov. 1842.	15 juin 1844.	1 août 1855.	*id.*	*id.*
Meissonnier ✻.	28 août 1818.	15 nov. 1838.	1er juill. 1843.	12 avril 1845.	*id.*	*id.*	*id.*
Ville (O ✻).	26 fév. 1820.	15 nov. 1839.	1er janv. 1845.	8 oct. 1846.	*id.*	*id.*	*id.*
Gentil ✻.	30 janv. 1820.	*id.*	*id.*	*id.*	*id.*	7 fév. 1863.	30 déc. 1868.
Bertera ✻.	25 mai 1820.	15 nov. 1840.	15 sept. 1845.	10 fév. 1847.	28 avril 1856.	*id.*	*id.*
Sauvage (C ✻).	4 avril 1814.	15 nov. 1833.	1er juill. 1837.	1er févr. 1839.	3 avril 1849.	15 août 1848.	26 janv. 1871.

INGÉNIEURS EN CHEF DE DEUXIÈME CLASSE.

Noms des Ingénieurs.	Naissance.	Elève Ingénieur	Aspirant ou Ingénieur de 3e classe	Ingénieur ordin. 2e classe.	Ingénieur ordin. 1re classe.	Ingénieur en chef de 2e classe
Bayle ✱	18 oct. 1819.	15 nov. 1840.	15 sept. 1845.	13 fév. 1847.	28 avril 1856.	7 fé[illegible] 1862
Dubocq (O ✱)	31 déc. 1820.	15 nov. 1841.	31 mars 1846.	14 oct. 1847.	id.	id.
Bossey ✱	13 nov. 1820.	15 nov. 1841.	13 juin 1846.	14 oct. 1847.	27 nov. 1858.	id.
Delesse ✱	3 fév. 1817.	15 nov. 1839	1er juill. 1843.	12 avril 1845.	23 mai 1850.	1 avr. 1861
Furlet ✱	24 janv. 1819.	id.	id.	id.	31 août 1855.	id.
Trautmann ✱	26 avril 1821.	15 nov. 1843.	10 mars 1848.	21 juill. 1849.	27 nov. 1858.	id.
Bochet ✱	14 fév. 1822.	id.	20 janv. 1848	id.	id.	id
Peschart-d'Ambly ✱	27 fév. 1823.	1er fév. 1845.	21 août 1848.	23 mai 1850.	18 nov. 1860.	26 août 18[illegible]
Tournaire ✱	11 mai 1824.	id	id.	3 mai 1850.	id.	25 août 18[illegible]
Phillips ✱	21 mai 1821.	15 nov. 1842.	13 janv. 1847.	20 mars 1848.	27 nov. 1858.	5 janv. 18[illegible]
Roger ✱	29 avril 1825.	15 nov. 1845.	1er mars 1849.	21 avril 1851.	18 nov. 1860.	id.
Lamé-Fleury ✱	7 mai 1823.	id.	id.	id.	id.	id
Declerck ✱	9 août 1813.	15 nov. 1833.	1er juil. 1837.	1er fév. 1839.	11 avril 1864.	id.
Bère ✱	14 avril 1825.	15 nov. 1845.	1er mars 1849.	21 avril 1851.	1er nov. 1860.	22 déc. 1869.

INGÉNIEURS ORDINAIRES DE PREMIÈRE CLASSE.

Noms des Ingénieurs.	Naissance.	Élève Ingénieur.	Aspirant ou Ingénieur de 3e classe.	Ingénieur ordinaire. 2e classe.	Ingénieur ordinaire. 1re classe.
Debette ✻.	2 janv. 1821.	15 nov. 1840.	15 sept. 1845.	10 fév. 1847.	12 avril 1845
Juge.	7 avril 1817.	15 nov. 1842.	20 janv. 1848.	20 mars 1848.	27 mai 1860.
Flajolot ✻.	22 fév. 1824.	15 nov. 1846.	29 mai 1850.	21 déc. 1852.	1er nov. 1860.
Jutier ✻.	1er juin 1826.	id.	id.	id.	id.
Hanet-Cléry ✻.	24 déc. 1824.	id.	id.	id.	id.
De Cizancourt ✻.	11 mars 1825.	id.	1er fév. 1851.	id.	id.
Labrosse-Luuyt ✻. . . .	15 déc. 1825.	1er fév. 1845.	21 août 1848.	23 mai 1850.	7 fév. 1863.
Coulard-Descos (✻ O) . .	28 fév. 1826.	15 nov. 1847.	25 fév. 1851.	4 juill. 1854.	id.
Cte de Vassart d'Hozier ✻.	31 juill. 1827.	15 nov. 1848.	27 avril 1852.	4 janv. 1855.	id.
Dubois.	5 janv. 1827.	id.	id.	31 août 1855.	id.
Lan (O ✻).	28 fév. 1826.	15 nov. 1847.	25 fév. 1851.	4 juill. 1854.	16 mars 1863.
Castel (O ✻).	31 mars 1826.	id.	id.	id.	11 avril 1864.
Parran ✻.	26 juill. 1826.	15 nov. 1848.	27 fév. 1852.	31 août 1855.	id.
Le Bleu ✻.	4 mars 1826.	id	id.	id.	id.
De Gouvenain ✻.	4 fév. 1826.	id.	id.	id.	id.
De Freycinet ✻.	14 nov. 1828.	id.	id.	id.	id.
Rocard ✻.	29 janv. 1829.	id.	id.	id.	id.
Sens ✻.	20 fév. 1826.	15 nov. 1846.	28 fév. 1851.	4 juill. 1854.	24 août 1865.
Orsel (O ✻).	24 oct. 1828.	15 nov. 1849.	1er mars 1853	30 avril 1856.	id.
Duchanoy ✻.	31 juill. 1827.	id.	id.	id.	id.
Résal ✻.	27 janv. 1828.	id.	21 mai 1853.	id.	id.
Linder (O ✻).	17 fév. 1829.	15 nov. 1850.	id.	id.	id.
Laur ✻.	13 oct. 1829.	15 nov. 1851.	17 fév. 1854.	10 mars 1857.	id.
Dormoy ✻.	9 déc. 1829.	id.	id.	id.	5 janv. 1867.
Martelet ✻.	21 avril 1830.	id.	id.	id.	id.
Haton de la Goupillière ✻.	23 juill. 1833.	15 nov. 1852.	juill. 1855.	5 déc. 1857.	id
Leseure ✻.	30 août 1831.	id.	id.	id.	id.
Moissenet ✻.	2 août 1831.	15 nov. 1853.	10 janv. 1857.	29 déc. 1859.	30 juill. 1867.
Loricux ✻.	22 avril 1832.	id.	id.	id.	id.
Noblemaire ✻.	27 avril 1832.	id.	id.	id.	id.
Vatonne ✻.	17 avril 1832.	id.	id.	id.	id.
Massieu ✻.	4 août 1832.	id.	id.	id.	id.
Mallard ✻.	4 fév. 1833.	id.	id.	id.	id.
Jausions ✻.	23 juill. 1832.	15 nov. 1854.	1er mai 1858.	8 nov. 1860.	30 déc. 1868.
Villot.	19 mars 1834.	15 nov. 1855.	9 juill. 1859.	7 fév. 1863.	id.
Julien ✻.	24 août 1833.	id.	id.	id.	id.
Baudinot ✻.	10 juill. 1834.	id.	id	id.	id.
Pouyanne.	5 sept. 1835.	id.	id.	id.	id.

INGÉNIEURS ORDINAIRES DE DEUXIÈME CLASSE.

Noms des Ingénieurs.	Naissance.	Élève Ingénieur.	Ingénieur ordinaire de 3ᵉ classe.	Ingénieur ordinaire de 2ᵉ classe.
Audibert (O ✻)	25 janv. 1820.	15 nov. 1839.	1ᵉʳ juill. 1843.	12 avril [illegible]
Houpeurt ✻	12 fév. 1822.	15 nov. 1842.	13 janv. 1847.	20 mars [illegible]
Gauldrée-Boileau (O ✻)	22 août 1823.	15 nov. 1843.	12 sept. 1847.	21 juill. [illegible]
Benoît	17 juin 1823.	1ᵉʳ fév. 1845.	31 août 1848.	12 avril [illegible]
Moutard	27 juill. 1827.	31 oct. 1846.	»	21 déc. [illegible]
Cumenge ✻	16 avril 1828.	15 nov. 1847.	25 fév. 1851.	4 juill. [illegible]
Huyot ✻	5 fév. 1831.	15 nov. 1851.	17 fév. 1854.	10 mars [illegible]
Lachat	24 août 1829.	»	»	1ᵉʳ janv. 1853.
Peslin	4 juin 1836.	15 nov. 1855.	9 juil. 1859.	7 fév. [illegible]
Mussy	7 fév. 1836.	15 nov. 1856.	28 déc. 1859.	11 avril [illegible]
Brossard de Corbigny ✻	29 mars 1837.	*id.*	*id.*	*id.*
Coince ✻	28 sept. 1836.	1ᵉʳ nov. 1857.	23 janv. 1861.	24 août [illegible]
Tissot	10 sept. 1838.	*id.*	*id.*	*id.*
Jordan	5 janv. 1838.	*id.*	*id.*	*id.*
Vieillard	4 déc. 1835.	*id.*	*id.*	*id.*
Béral	1ᵉʳ août 1838.	*id.*	*id.*	*id.*
Liénard	22 fév. 1834.	1ᵉʳ nov. 1856.	*id.*	*id.*
Keller	21 mars 1837.	1ᵉʳ nov. 1858.	19 fév. 1862.	5 janv. [illegible]
Fuchs (O ✻)	1ᵉʳ avril 1837.	*id.*	*id.*	*id.*
Vicaire	28 avril 1839.	*id.*	*id.*	*id.*
Chosson ✻	15 mars 1838.	*id.*	*id.*	*id.*
Ledoux	27 août 1837.	*id.*	*id.*	*id.*
Meurgey	28 juill. 1839.	1ᵉʳ nov. 1859.	7 janv. 1863.	30 juill. [illegible]
Potier ✻	11 mai 1840.	*id.*	*id.*	*id.*
Barré	26 avril 1838.	*id.*	*id.*	*id.*
Duporcq	28 fév. 1839.	*id.*	*id.*	*id.*
Worms de Romilly	3 janv. 1838.	*id.*	*id.*	*id.*
De Lapparent	30 déc. 1839.	1ᵉʳ nov. 1860.	1ᵉʳ mars 1864.	30 déc. [illegible]
Carnot	27 janv. 1839.	*id.*	*id.*	*id.*
Du Verdier de Genouillac	9 nov. 1839.	*id.*	*id.*	*id.*
Gonthier	21 sept. 1840.	*id.*	*id.*	*id.*
Braconnier	3 juill. 1839.	*id.*	*id.*	*id.*
Villié	29 avril 1839.	*id.*	*id.*	*id.*

INGÉNIEURS ORDINAIRES DE TROISIÈME CLASSE.

Noms des Ingénieurs.	Naissance.	Élève Ingénieur.	Ingénieur de 3e classe.
Voisin	9 mars 1840.	1er nov. 1861.	28 déc. 1864.
Perrin	2 déc. 1841.	*id.*	*id.*
Genreau ✻.	18 mai 1840.	*id.*	*id.*
Nivoit.	12 août 1839.	*id.*	*id.*
Matrot.	9 juill. 1841.	1er nov. 1862.	17 fév. 1866.
Cornu.	6 mars 1841.	*id.*	*id.*
Ichon.	4 mars 1842.	1er nov. 1863.	19 janv. 1867.
Aguillon ✻.	3 juill. 1842.	*id.*	*id.*
Demongeot.	9 juin 1842.	*id.*	*id.*
Lévy (Michel) ✻.	17 août 1844.	1er nov. 1864.	21 déc. 1867.
Delafond.	2 fév. 1844.	*id.*	*id.*
Silhol.	28 oct. 1843.	*id.*	*id.*
Douvillé.	16 juin 1846.	1er nov. 1865.	6 janv. 1868.
Clérault ✻.	21 mai 1844.	*id.*	*id.*
Langlois.	10 oct. 1844.	1er nov. 1866.	30 mars 1870.
Rigaud.	5 fév. 1845.	*id.*	*id.*
Vieira.	11 fév. 1844.	*id.*	*id.*
Zeiller.	14 janvier 1847.	1er nov. 1867.	1er déc. 1870.
Henry.	27 fév. 1846.	*id.*	*id.*
Heurtaut.	4 juin 1848.	*id.*	*id.*

TABLEAU

PAR ANCIENNETÉ DANS CHAQUE GRADE ET DANS CHAQUE CLASSE DES GARDES-MINES

GARDES-MINES PRINCIPAUX.

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES					[illegible]
		5ᵉ classe.	4ᵉ classe.	3ᵉ classe.	2ᵉ classe.	1ʳᵉ classe.	
Koss ✻.	12 janv. 1806	»	»	»	24 juin 1840	24 mars 184[illegible]	[illegible]
Jedlinski.	1 fév. 1811	»	»	»	»	1 fév. 1843	
Jusseraud ✻. . .	11 juin 1816	»	»	»	29 mai 1840	24 mars 184[illegible]	[illegible]
Makowiecki. . .	1 fév. 1813	»	25 août 1840	1 août 1843	6 juill. 1847	21 juill. 1857	[illegible]
Mœvus.	27 déc. 1814	»	»	16 déc. 1843	10 mai 1847	*id.*	[illegible]
Faugière ✻. . .	29 juill. 1815	»	15 juin 1840	23 sept. 1845	28 fév. 1849	1 juill. 185[illegible]	
Laurent.	3 oct. 1818	»	»	10 nov. 1843	19 juill. 1850	21 juill. 1857	1
Laplanche. . . .	18 août 1821	»	1 janv. 1842	1 mai 1843	3 juill. 1847	*id.*	
Fragonard. . . .	15 mai 1817	»	»	9 fév. 1842	9 fév. 184[illegible]	1 juill. 185[illegible]	1

GARDES-MINES DE PREMIÈRE CLASSE.

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES				
		5ᵉ classe.	4ᵉ classe.	3ᵉ classe.	2ᵉ classe.	1ʳᵉ [illegible]
Wolski	13 août 1807	»	»	»	29 mai 1840	24[illegible]
Blanpied.	21 nov. 1818	»	»	»	30 juill. 1841	[illegible]
Lévy (Joseph) ✻.	7 sept. 1821	»	»	25 juin 1842	24 mars 1845	[illegible]
Golembiowski.	17 août 1812	»	»	»	8 déc. 1847	[illegible]
Roulier	22 janv. 1817	»	»	26 janv. 1843	15 janv. 1849	1[illegible]
Martin (Adrien)	13 janv. 1824	»	»	»	20 déc. 1847	23[illegible]
Lebas	25 fév. 1813	»	»	27 janv. 1845	6 juill. 1847	14[illegible]
Heuret.	18 sept. 1819	»	29 juin 1840	26 nov. 1846	19 juill. 1850	
Miziewicz	27 déc. 1813	»	4 juill. 1845	9 sept. 1853	21 juill. 1857	1[illegible]

Gardes-mines de première classe (suite).

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES				
		5e classe.	4e classe.	3e classe.	2e classe.	1re classe.
analy	26 mars 1815	24 sept. 1841	5 juill. 1844	10 août 1846	1 juill. 1858	1er juill. 1862
lbert	11 juin 1818	»	»	7 juill. 1840	*id.*	*id.*
urrbach	29 avril 1820	»	»	31 août 1843	9 fév. 1846	13 juill. 1864
abriel	24 déc. 1808	»	9 déc. 1848	24 août 1851	1 juill. 1858	10 juill. 1865
luny	15 juill. 1814	»	»	22 juin 1847	6 août 1849	*id.*
lacher	14 fév. 1814	»	29 août 1851	1 juill. 1858	10 déc. 1861	1 juill. 1867
'houvenin	31 déc. 1819	»	27 mai 1846	19 juill. 1850	19 juill. 1861	*id.*
'allet	19 nov. 1821	»	17 oct. 1850	1 juill. 1858	*id.*	*id.*
estelard	28 fév. 1822	»	18 déc. 1845	28 fév. 1849	23 juill. 1859	*id.*
littre	19 fév. 1823	»	5 juill. 1850	21 juill. 1857	19 juill. 1861	*id.*
tienne	1 fév. 1826	»	17 oct. 1850	27 juin 1855	14 juill. 1860	1 juill. 1862
orkowski	6 avril 1811	»	25 juill. 1850	1 juill. 1858	19 juill. 1861	*id.*
chmidt	3 sept. 1828	29 sept. 1853	21 juill. 1857	23 juill. 1859	1 juin 1862	*id.*
ayet	10 mars 1817	»	27 avril 1855	*id.*	*id.*	1 juill. 1870

GARDES-MINES DE DEUXIÈME CLASSE.

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES			
		5e classe.	4e classe.	3e classe.	2e classe.
Huré	9 déc. 1816	»	»	1 nov. 1841	1 fév. 1844
Roy	2 déc. 1822	»	»	28 janv. 1843	15 avril 1845
Lacombe ✱	21 avril 1825	»	»	»	8 déc. 1847
Cogniet	21 nov. 1826		»	»	22 déc. 1847
Bougarel	23 janv. 1822	»	5 août 1842	6 fév. 1846	9 déc. 1848
Royer	25 juill. 1826	»	»	»	25 août 1849
Mercanton	16 juin 1818	»	»	22 juin 1842	21 juill. 1857
Gérard	5 mai 1820	»	21 avril 1846	24 août 1851	1 juill. 1858
Pomel	20 sept. 1821	»	»	13 mai 1846	1 juill. 1862
Noël	1 janv. 1831	29 déc. 1853	21 juill. 1857	23 juill. 1859	1 juin 1862
Bonvin (Antoine)	17 sept. 1826	29 sept. 1853	*id.*	14 juill. 1860	1 mai 1863
Toulza	14 mars 1825	»	9 avril 1850	*id.*	10 juill. 1865
Raphanel	1 janv. 1828	1 juin 1853	21 juill. 1857	19 juill. 1861	*id.*
Fornier	26 avril 1824	29 sept. 1853	*id.*	14 juill. 1860	1 juill. 1866
Chabat	26 janv. 1828	28 nov. 1854	1 juill. 1858	19 juill. 1861	*id.*
Vitoux	22 nov. 1831	5 déc. 1854	*id.*	1 juill. 1862	*id.*
Vivien	2 janv. 1829	29 sept. 1853	*id.*	1 mai 1863	1 juill. 1867

Gardes-mines de deuxième classe (suite).

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES. 5e classe.	4e classe.	3e classe.	2e [illegible]
Martine.	17 déc. 1830	24 déc. 1856	14 juill. 1860	13 juill. 1864	1 ju[illegible]
Thomas (Alex.).	27 mars 1831	31 mars 1857	19 juill. 1861	id.	[illegible]
Cavillier.	26 mars 1832	18 avril 1853	21 juill. 1857	1 mai 1863	[illegible]
Dunkel.	11 avril 1834	4 mai 1855	14 juill. 1860	id.	[illegible]
Soyez.	9 août 1834	11 janv. 1856	id.	id.	[illegible]
Magnon.	14 août 1826	25 fév. 1853	21 juill. 1857	19 juill. 1861	1 ju[illegible]
Clère.	juill. 1823	»	8 juill. 1847	1 juill. 1862	[illegible]
Urbain.	16 fév. 1820	20 juin 1854	1 juill. 1858	1 mai 1863	1 ju[illegible]
Bonnaymé.	25 janv. 1825	5 déc. 1854	23 juill. 1859	10 juill. 1865	[illegible]
Bourdon.	9 nov. 1828	29 oct. 1857	14 juill. 1860	id.	[illegible]
Halipré.	11 mai 1834	5 août 1856	23 juill. 1859	id.	1 ju[illegible]
Vassal ✻.	15 déc. 1824	4 mai 1855	14 juill. 1860	13 juill. 1864	[illegible]
Rouet.	14 avril 1828	»	15 sept. 1845	12 mars 1848	[illegible]

GARDES-MINES DE TROISIÈME CLASSE.

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES 5e classe.	4e classe.	3e cl[illegible]
Bertrand-Lom.	1 mars 1799	»	»	22 j[illegible]
Barnier.	10 déc. 1822	»	11 août 1846	12 mars [illegible]
Mercier.	29 sept. 1824	»	17 août 1847	24 août [illegible]
Estienvrot.	11 oct. 1827	»	9 avril 1850	19 juill [illegible]
Kaiser.	2 juill. 1825	20 mai 1856	14 juill. 1860	10 juill. [illegible]
Bouty.	19 mars 1828	5 juin 1858	1 juill. 1862	1 juill. [illegible]
Munier.	24 mars 1828	14 mars 1857	14 juill. 1860	id.
Repelin.	3 juin 1831	27 oct. 1857	1 juill. 1862	id.
Miriselou.	7 déc. 1831	18 déc. 1855	14 juill. 1860	id.
Délaissement.	23 juill. 1832	26 mai 1858	1 juill. 1852	id.
Conilte.	28 mai 1833	4 mai 1855	19 juill. 1861	id.
Labeyrie (Léon).	17 juin 1836	26 mai 1858	1 juill. 1862	id.
Chevallot.	1 août 1823	13 oct. 1855	23 juill. 1859	1 juill. [illegible]
Canelle.	12 avril 1838	22 oct. 1855	14 juill. 1860	id.
Ogier.	5 nov. 1827	30 déc. 1857	1 juill. 1862	id.

Gardes-mines de troisième classe (suite).

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES. 5e classe.	4e classe.	3e classe.
vè.	21 avril 1834	22 mars 1859	1 mai 1863	1 juill. 1867
bin.	16 juill. 1837	18 sept. 1860	id.	id.
stier.	23 mai 1836	25 fév. 1861	13 juill. 1864	id.
ardan.	18 août 1835	16 sept. 1861	id.	id.
nvin (Gustave)	5 mars 1831	16 juill. 1858	1 juill. 1862	1 juill. 1868
ire.	27 juill. 1832	14 mars 1857	id.	id.
bonrel.	11 juill. 1827	5 déc. 1854	1 mai 1863	id.
beyrie (Adolphe)	9 avril 1835	9 août 1860	id.	id.
ntaine.	21 déc. 1826	11 juill. 1855	1 mai 1859	1 juill. 1869
rbry.	22 fév. 1835	26 mars 1859	id.	id.
ʼart.	13 janv. 1837	2 fév. 1860	1 juill. 1864	id.
senave.	28 oct. 1838	5 nov. 1861	1 juill. 1865	id.
rling.	20 mai 1839	3 oct. 1861	id.	id.
dieu.	15 déc. 1830	28 juin 1858	1 mai 1859	1 juill. 1870
lzard.	2 déc. 1838	24 oct. 1861	1 juill. 1865	id.
ssin.	29 déc. 1838	3 oct. 1861	id.	id.
ragon.	17 juill. 1825	8 avril 1853	21 juill. 1857	id.
alot.	14 déc. 1832	20 juill. 1860	1 juill. 1864	id.

GARDES-MINES DE QUATRIÈME CLASSE.

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES. 5e classe.	4e classe.
illet.	27 mars 1833	»	1 juin 1844
intenon.	5 août 1825	»	18 juin 1849
ntz.	24 juin 1831	16 juin 1853	21 juill. 1857
lly.	17 janv. 1827	24 oct. 1859	1 mai 1859
gès (Edouard)	17 juin 1832	28 oct. 1858	id.
rrey.	5 sept. 1835	9 mars 1857	id.
bert.	20 fév. 1836	28 oct. 1858	id.
irey.	17 août 1839	10 oct. 1860	id.
nzand (Gaspard).	21 août 1826	18 déc. 1861	1 juill. 1866
rdes.	29 déc. 1834	25 oct. 1861	id.
ucault.	13 nov. 1838	5 nov. 1861	id.

INGÉNIEURS ORDINAIRES DE DEUXIÈME CLASSE.

Noms des Ingénieurs.	Naissance.	Élève Ingénieur.	Ingénieur ordinaire de 3ᵉ classe.	Ingénieur ordinaire de 2ᵉ classe.
Audibert (O ✱).	25 janv. 1820.	15 nov. 1839.	1ᵉʳ juill. 1843.	12 avril 18[illegible]
Houpeurt ✱	12 fév. 1822.	15 nov. 1842.	13 janv. 1847.	20 mars 18[illegible]
Gauldrée-Boileau (O ✱). .	22 août 1823.	15 nov. 1843.	12 sept. 1847.	21 juill. 18[illegible]
Benoît.	17 juin 1823.	1ᵉʳ fév. 1845.	31 août 1848.	12 avril 18[illegible]
Moutard.	27 juill. 1827.	31 oct. 1846.	»	21 déc. 18[illegible]
Cumenge ✱.	16 avril 1828.	15 nov. 1847.	25 fév. 1851.	4 juill. 18[illegible]
Huyot ✱	5 fév. 1831.	15 nov. 1851.	17 fév. 1854.	10 mars 18[illegible]
Lachat.	24 août 1829.	»	»	1ᵉʳ janv. 18[illegible]
Peslin.	4 juin 1836.	15 nov. 1855.	9 juil. 1859.	7 fév. 18[illegible]
Mussy.	7 fév. 1836.	15 nov. 1856.	28 déc. 1859.	14 avril 18[illegible]
Brossard de Corbigny ✱. . . .	29 mars 1837.	*id.*	*id.*	*id.*
Coince ✱.	28 sept. 1836.	1ᵉʳ nov. 1857.	23 janv. 1861.	24 août 18[illegible]
Tissot.	10 sept. 1838.	*id.*	*id.*	*id.*
Jordan.	5 janv. 1838.	*id.*	*id.*	*id.*
Vieillard.	4 déc. 1835.	*id.*	*id.*	*id.*
Béral.	1ᵉʳ août 1838.	*id.*	*id.*	*id.*
Liénard.	22 fév. 1834.	1ᵉʳ nov. 1856.	*id.*	*id.*
Keller.	21 mars 1837.	1ᵉʳ nov. 1858.	19 fév. 1862.	5 janv. 18[illegible]
Fuchs (O ✱).	1ᵉʳ avril 1837.	*id.*	*id.*	*id.*
Vicaire.	28 avril 1839.	*id.*	*id.*	*id.*
Chosson ✱.	15 mars 1838.	*id.*	*id.*	*id.*
Ledoux.	27 août 1837.	*id.*	*id.*	*id.*
Meurgey.	28 juill. 1839.	1ᵉʳ nov. 1859.	7 janv. 1863.	30 juill. 18[illegible]
Potier ✱.	11 mai 1840.	*id.*	*id.*	*id.*
Barré.	26 avril 1838.	*id.*	*id.*	*id.*
Duporcq.	28 fév. 1839.	*id.*	*id.*	*id.*
Worms de Romilly.	3 janv. 1838.	*id.*	*id.*	*id.*
De Lapparent.	30 déc. 1839.	1ᵉʳ nov. 1860.	1ᵉʳ mars 1864.	30 déc. 18[illegible]
Carnot.	27 janv. 1839.	*id.*	*id.*	*id.*
Du Verdier de Genouillac. . .	9 nov. 1839.	*id.*	*id.*	*id.*
Gonthier.	21 sept. 1840.	*id.*	*id.*	*id.*
Braconnier.	3 juill. 1839.	*id.*	*id.*	*id.*
Villié.	29 avril 1839.	*id.*	*id.*	*id.*

INGÉNIEURS ORDINAIRES DE TROISIÈME CLASSE.

Noms des Ingénieurs.	Naissance.	Élève Ingénieur.	Ingénieur de 3ᵉ classe.
Voisin	9 mars 1840.	1ᵉʳ nov. 1861.	28 déc. 1864.
Perrin	2 déc. 1841.	*id.*	*id.*
Genreau ✻.	18 mai 1840.	*id.*	*id.*
Nivoit.	12 août 1839.	*id.*	*id.*
Matrot.	9 juill. 1841.	1ᵉʳ nov. 1862.	17 fév. 1866.
Cornu.	6 mars 1841.	*id.*	*id.*
Ichon.	4 mars 1842.	1ᵉʳ nov. 1863.	19 janv. 1867.
Aguillon ✻.	3 juill. 1842.	*id.*	*id.*
Demongeot.	9 juin 1842.	*id.*	*id.*
Lévy (Michel) ✻.	17 août 1844.	1ᵉʳ nov. 1864.	21 déc. 1867.
Delafond.	2 fév. 1844.	*id.*	*id.*
Silhol.	28 oct. 1843.	*id.*	*id.*
Douvillé.	16 juin 1846.	1ᵉʳ nov. 1865.	6 janv. 1868.
Clérault ✻.	21 mai 1844.	*id.*	*id.*
Langlois.	10 oct. 1844.	1ᵉʳ nov. 1866.	30 mars 1870.
Rigaud.	5 fév. 1845.	*id.*	*id.*
Vieira.	11 fév. 1844.	*id.*	*id.*
Zeiller.	14 janvier 1847.	1ᵉʳ nov. 1867.	1ᵉʳ déc. 1870.
Henry.	27 fév. 1846.	*id.*	*id.*
Heurtaut.	4 juin 1848.	*id.*	*id.*

TABLEAU

PAR ANCIENNETÉ DANS CHAQUE GRADE ET DANS CHAQUE CLASSE

DES GARDES-MINES

GARDES-MINES PRINCIPAUX.

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES					[illegible]
		5e classe.	4e classe.	3e classe.	2e classe.	1re classe.	
Koss ✱.	12 janv. 1806	»	»	»	24 juin 1840	24 mars 184[illegible]	[illegible]
Jedlinski.	1 fév. 1811	»	»	»	»	1 fév. 1843	
Jusseraud ✱. . .	11 juin 1816	»	»	»	29 mai 1840	24 mars 184[illegible]	[illegible]
Makowiecki. . .	1 fév. 1813	»	25 août 1840	1 août 1843	6 juill. 1847	21 juill. 1857	[illegible]
Mœvus.	27 déc. 1814	»	»	16 déc. 1843	10 mai 1847	*id.*	[illegible]
Faugière ✱. . .	29 juill. 1815	»	15 juin 1840	23 sept. 1845	28 fév. 1849	1 juill. 185[illegible]	
Laurent.	3 oct. 1818	»	»	10 nov. 1846	19 juill. 1850	21 juill. 1857	[illegible]
Laplanche. . . .	18 août 1821	»	1 janv. 1842	1 mai 1843	3 juill. 1847	*id.*	
Fragonard. . . .	15 mai 1817	»	»	9 fév. 1842	9 fév. 184[illegible]	1 juill. 185[illegible]	[illegible]

GARDES-MINES DE PREMIÈRE CLASSE.

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES				
		5e classe.	4e classe.	3e classe.	2e classe.	1re [illegible]
Wolski	13 août 1807	»	»	»	29 mai 1840	[illegible]
Blaupied.	21 nov. 1818	»	»	»	30 juill. 1841	[illegible]
Lévy (Joseph) ✱.	7 sept. 1821	»	»	25 juin 1842	24 mars 184[illegible]	[illegible]
Golembiowski.	17 août 1812	»	»	»	8 déc. 1847	[illegible]
Roulier	22 janv. 1817	»	»	26 janv. 1843	15 janv. 1849	[illegible]
Martin (Adrien)	13 janv. 1824	»	»	»	20 déc. 1847	[illegible]
Lebas	25 fév. 1813	»	»	27 janv. 1845	6 juill. 1847	[illegible]
Heuret.	18 sept. 1819	»	29 juin 1840	26 nov. 1846	19 juill. 1850	
Miziewicz	27 déc. 1813	»	4 juill. 1845	9 sept. 1853	21 juill. 1857	[illegible]

Gardes-mines de première classe (suite).

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES 5e classe.	4e classe.	3e classe.	2e classe.	1re classe.
Canaly	28 mars 1815	24 sept. 1841	5 juill. 1844	10 août 1846	1 juill. 1858	1er juill. 1862
Albert	11 juin 1818	»	»	7 juill. 1840	id.	id.
Durrbach	29 avril 1820	»	»	31 août 1843	9 fév. 1846	13 juill. 1864
Gabriel	24 déc. 1808	»	9 déc. 1848	24 août 1851	1 juill. 1858	10 juill. 1865
Cluny	15 juill. 1814	»	»	22 juin 1847	6 août 1849	id.
Blacher	14 fév. 1814	»	29 août 1851	1 juill. 1858	10 déc. 1861	1 juill. 1867
Thouvenin	31 déc. 1819	»	27 mai 1846	19 juill. 1850	19 juill. 1861	id.
Vallet	19 nov. 1821	»	17 oct. 1850	1 juill. 1858	id.	id.
Pestelard	28 fév. 1822	»	18 déc. 1845	28 fév. 1849	23 juill. 1859	id.
Mittre	19 fév. 1823	»	5 juill. 1850	21 juill. 1857	19 juill. 1861	id.
Étienne	1 fév. 1826	»	17 oct. 1850	27 juin 1855	14 juill. 1860	1 juill. 1862
Jurkowski	6 avril 1811	»	25 juill. 1850	1 juill. 1858	19 juill. 1861	id.
Schmidt	3 sept. 1828	29 sept. 1853	21 juill. 1857	23 juill. 1859	1 juin 1862	id.
Gayet	10 mars 1817	»	27 avril 1855	id.	id.	1 juill. 1870

GARDES-MINES DE DEUXIÈME CLASSE.

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES 5e classe.	4e classe.	3e classe.	2e classe.
Huré	9 déc. 1816	»	»	1 nov. 1841	1 fév. 1844
Roy	2 déc. 1822	»	»	28 janv. 1843	15 avril 1845
Lacombe ✻	21 avril 1825	»	»	»	8 déc. 1847
Coguiet	21 nov. 1826		»	»	22 déc. 1847
Bougarel	23 janv. 1822	»	5 août 1842	6 fév. 1846	9 déc. 1848
Royer	25 juill. 1826	»	»	»	25 août 1849
Mercanton	16 juin 1818	»	»	22 juin 1842	21 juill. 1857
Gérard	5 mai 1820	»	21 avril 1846	24 août 1851	1 juill. 1858
Pomel	20 sept. 1821	»	»	13 mai 1846	1 juill. 1862
Noël	1 janv. 1831	29 déc. 1853	21 juill. 1857	23 juill. 1859	1 juin 1862
Bonvin (Antoine)	17 sept. 1826	29 sept. 1853	id.	14 juill. 1860	1 mai 1863
Toulza	14 mars 1825	»	9 avril 1850	id.	10 juill. 1865
Raphanel	1 janv. 1828	1 juin 1853	21 juill. 1857	19 juill. 1861	id.
Fornier	26 avril 1824	29 sept. 1853	id.	14 juill. 1860	1 juill. 1866
Chabat	26 janv. 1828	28 nov. 1854	1 juill. 1858	19 juill. 1861	id.
Vitoux	22 nov. 1831	5 déc. 1854	id.	1 juill. 1862	id.
Vivien	2 janv. 1829	29 sept. 1853	id.	1 mai 1863	1 juill. 1867

Gardes-mines de deuxième classe (suite).

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES. 5ᵉ classe.	4ᵉ classe.	3ᵉ classe.	2ᵉ classe.
Martine	17 déc. 1830	24 déc. 1856	14 juill. 1860	13 juill. 1864	1 juill. [illegible]
Thomas (Alex.)	27 mars 1831	31 mars 1857	19 juill. 1861	*id.*	*id.*
Cuvillier	26 mars 1832	18 avril 1853	21 juill. 1857	1 mai 1863	*id.*
Dunkel	11 avril 1834	4 mai 1855	14 juill. 1860	*id.*	*id.*
Soyez	9 août 1834	11 janv. 1856	*id.*	*id.*	*id.*
Magnon	14 août 1826	25 fév. 1853	21 juill. 1857	19 juill. 1861	1 juill. [illegible]
Clère	juill. 1823	»	8 juill. 1847	1 juill. 1862	*id.*
Urbain	16 fév. 1820	20 juin 1854	1 juill. 1858	1 mai 1863	1 juill. [illegible]
Bonnaymé	25 janv. 1825	5 déc. 1854	23 juill. 1859	10 juill. 1865	*id.*
Bourdon	9 nov. 1828	29 oct. 1857	14 juill. 1860	*id.*	*id.*
Halipré	11 mai 1834	5 août 1856	23 juill. 1859	*id.*	1 juill. [illegible]
Vassal ✻	15 déc. 1824	4 mai 1855	14 juill. 1860	13 juill. 1864	*id.*
Rouet	14 avril 1828	»	15 sept. 1845	12 mars 1848	*id.*

GARDES-MINES DE TROISIÈME CLASSE.

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES 5ᵉ classe.	4ᵉ classe.	3ᵉ classe.
Bertrand-Lom	1 mars 1799	»	»	22 janv. [illegible]
Barnier	10 déc. 1822	»	11 août 1846	12 mars [illegible]
Mercier	29 sept. 1824	»	17 août 1847	24 août [illegible]
Estienvrot	11 oct. 1827	»	9 avril 1850	19 juill. [illegible]
Kaiser	2 juill. 1825	20 mai 1856	14 juill. 1860	10 juill. [illegible]
Bouty	19 mars 1828	5 juin 1858	1 juill. 1862	1 juill. [illegible]
Munier	24 mars 1828	14 mars 1857	14 juill. 1860	*id.*
Repelin	3 juin 1831	27 oct. 1857	1 juill. 1862	*id.*
Miriseloux	7 déc. 1831	18 déc. 1855	14 juill. 1860	*id.*
Délaissement	23 juill. 1832	26 mai 1858	1 juill. 1832	*id.*
Cauilte	28 mai 1833	4 mai 1855	19 juill. 1861	*id.*
Labeyrie (Léon)	17 juin 1836	26 mai 1858	1 juill. 1862	*id.*
Chevallot	1 août 1823	13 oct. 1855	23 juill. 1859	1 juill. [illegible]
Canelle	12 avril 1833	22 oct. 1855	14 juill. 1860	*id.*
Ogier	5 nov. 1827	30 déc. 1857	1 juill. 1862	*id.*

Gardes-mines de troisième classe (suite).

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES.		
		5ᵉ classe.	4ᵉ classe.	3ᵉ classe.
Lavé	21 avril 1834	22 mars 1859	1 mai 1863	1 juill. 1867.
Albin	16 juill. 1837	18 sept. 1860	*id.*	*id.*
Costier	23 mai 1836	25 fév. 1861	13 juill. 1864	*id.*
Jourdan	18 août 1835	16 sept. 1861	*id.*	*id.*
Bonvin (Gustave)	5 mars 1831	16 juill. 1858	1 juill. 1862	1 juill. 1868
Maire	27 juill. 1832	14 mars 1857	*id.*	*id.*
Nibourel	11 juill. 1827	5 déc. 1854	1 mai 1863	*id.*
Labeyrie (Adolphe)	9 avril 1835	9 août 1860	*id.*	*id.*
Fontaine	21 déc. 1826	11 juill. 1855	1 mai 1859	1 juill. 1869
Barbry	22 fév. 1835	26 mars 1859	*id.*	*id.*
Yvart	13 janv. 1837	2 fév. 1860	1 juill. 1864	*id.*
Casenave	28 oct. 1838	5 nov. 1861	1 juill. 1865	*id.*
Zerling	20 mai 1839	3 oct. 1861	*id.*	*id.*
Cadien	15 déc. 1830	28 juin 1858	1 mai 1859	1 juill. 1870
Salzard	2 déc. 1838	24 oct. 1861	1 juill. 1865	*id.*
Massin	29 déc. 1838	3 oct. 1861	*id.*	*id.*
Arragon	17 juill. 1825	8 avril 1853	21 juill. 1857	*id.*
Chalot	14 déc. 1832	20 juill. 1860	1 juill. 1864	*id.*

GARDES-MINES DE QUATRIÈME CLASSE.

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES.	
		5ᵉ classe.	4ᵉ classe.
Guillet	27 mars 1833	»	1 juin 1844
Maintenon	5 août 1825	»	18 juin 1849
Lantz	24 juin 1831	16 juin 1853	21 juill. 1857
Gilly	17 janv. 1827	24 oct. 1859	1 mai 1859
Pagès (Edouard)	17 juin 1832	28 oct. 1858	*id.*
Carrey	5 sept. 1835	9 mars 1857	*id.*
Gibert	20 fév. 1836	28 oct. 1858	*id.*
Mairey	17 août 1839	10 oct. 1860	*id.*
Rouzaud (Gaspard)	21 août 1826	18 déc. 1861	1 juill. 1866
Gardes	29 déc. 1834	25 oct. 1861	*id.*
Foucault	13 nov. 1838	5 nov. 1861	*id.*

Gardes-mines de quatrième classe (suite).

NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-MINES 5e classe.	GARDE-MINES 4e classe.
Larcade	25 janv. 1832	23 avril 1860	1 juill. [illegible]
Doillon	8 juin 1833	12 juill. 1862	*id.*
Pichard	18 juill. 1839	28 nov. 1864	*id.*
Garreau	11 juill. 1843	15 nov. 1864	*id.*
Guèze	8 sept. 1838	9 sept. 1863	1 juill. [illegible]
Pezez	5 août 1837	28 nov. 1864	*id.*
Savreux	23 juill. 1836	15 fév. 1865	*id.*
Rouzaud (Calixte)	17 juill. 1837	20 fév. 1865	*id.*
Fopp	26 juin 1840	7 juill. 1865	*id.*
Goddard	4 mars 1842	11 janv. 1865	1 juill. [illegible]
Devillers	22 oct. 1842	15 avril 1865	*id.*
Lussac	6 janv. 1836	1 fév. 1865	*id.*
Soyez (Victorin)	5 sept. 1839	16 fév. 1866	*id.*
Savy	1 juill. 1838	1 mars 1866	*id.*
Précorbin (de)	17 oct. 1837	16 fév. 1866	1 juill. [illegible]
Soudan	10 janv. 1832	1 oct. 1866	*id.*
Barrier	2 sept. 1837	3 avril 1867	*id.*
Tourneur	27 août 1839	19 mars 1867	*id.*

GARDES-MINES DE CINQUIÈME CLASSE.

NOMS.	NAISSANCE.	DATE de nomination.	NOMS.	NAISSANCE.	GARDE-M[illegible] 5e cl[illegible]
Weill		16 avril 1853	Malplat	28 janv. 1843	1 oct. [illegible]
Simonin	22 août 1830	6 fév. 1854	Auvergne	9 août 1843	1 avr[illegible]
Platon	30 déc. 1830	26 juill. 1854	Préchey	11 juill. 1841	1 nov. [illegible]
Pénélon	1 oct. 1828	26 août 1854	Lafont	5 déc. 1842	28 nov. [illegible]
Hurlaut	9 fév. 1832	23 juin 1858	Fagot	28 déc. 1839	1 déc. [illegible]
Collombat	20 déc. 1829	17 oct. 1859	Thirion	10 janv. 1845	*id*
Picard	22 déc. 1833	28 fév. 1861	Lefèvre	24 juin 1844	1 avril [illegible]
Letenneur	23 juin 1832	25 oct. 1861	Froissardey	9 janv. 1844	15 mai [illegible]
Grandière	28 avril 1836	16 mars 1863	Lecomte	28 juill. 1845	1 juill. [illegible]
Martin (Alexandre)	31 déc. 1842	27 déc. 1864	Maniglier	9 juin 1846	1 août [illegible]
Bouvier	16 mai 1841	15 avril 1865	Burtaire	30 avril 1844	1 oct. [illegible]
Mermillod	7 mars 1842	16 fév. 1866	Huguenin	26 juin 184[illegible]	16 oct. [illegible]
Pondruel	16 nov. 1839	30 mars 1867	Espérandieu	20 déc. 1838	1er janv. [illegible]
Sarran	26 août 1841	4 avril 1867	Feyte	4 août 1840	16 fév. [illegible]
Brossette	12 juill. 1842	6 mai 1867	Jeannin	3 juill. 1839	1 mars [illegible]
Thomas (François)	8 janv. 1843	24 mai 1867	Maigret	1er nov. 1842	1er juill. [illegible]

SERVICES DIVERS.

CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION.

CONTROLE ET SURVEILLANCE DES CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION.

CHEMIN DE FER DU NORD ET LIGNES DIVERSES QUI S'Y RATTACHENT.

M. **Diday** (O ✱), Inspecteur général de 2ᵉ classe des Mines, chargé de la Direction du service, à Paris.

1° CHEMIN DE FER DU NORD ET EMBRANCHEMENTS.

CONTRÔLE TECHNIQUE.

Ingénieurs ordinaires.

MM. Daniel ✱, 1ʳᵉ classe (P. et Ch.)........... Paris.
De Froissy ✱, 1ʳᵉ classe, *d. n.* (P. et Ch.)...... Amiens
Mancel, 2ᵉ classe, *d. n.* (P. et Ch.)........... Arras.
Flamant, 2ᵉ classe, *d. n.* (P. et Ch.).......... Lille.
Hanet-Cléry ✱, 1ʳᵉ classe (Mines)........... Paris.
Liénard, 2ᵉ classe, *d. n.* (Mines)............. Amiens.
Voisin (Armand), 3ᵉ classe, *d. n.* (Mines)........ Arras.
Matrot, 3ᵉ classe, *d. n.* (Mines)............ Lille.

Conducteurs :

Dutro (Aug.), 1ʳᵉ cl. .... Paris.	Boulet (T.), 4ᵉ cl. .... Amiens.
Delfosse, 1ʳᵉ cl. .... Paris.	Leduc (C.), 2ᵉ cl. .... Arras.
Lanvin, 2ᵉ cl. .... Paris.	* Evrart, auxil., *d. n.* ..... Arras.
Doudelet, 2ᵉ cl. .... Paris.	Debray (Henri), 1ʳᵉ cl. ..... Lille.
Monneret, 3ᵉ cl. .... Paris.	
Deflandre, 1ʳᵉ cl. .... Amiens.	

Gardes-Mines :

Fragonard, ppᵃˡ., *d. n.* ..... Paris.	Soyez (Ch.), 2ᵉ cl. .... Lille.
Bonvin (Ant.), 2ᵉ cl., *d.* .... Paris.	Cœuilte, 3ᵉ cl., *d. n.* .... Arras.
* Soyez (V.), 4ᵉ cl. .... Paris.	Soyez, 4ᵉ cl., *d. n.* .... Amiens.

Nota. *Les Commissaires de surveillance administrative sont placés simultanément sous les ordres des Ingénieurs chargés de la surveillance technique et des Inspecteurs de l'exploitation commerciale.*

INSPECTION DE L'EXPLOITATION COMMERCIALE.

MM.

De Meynard, Inspecteur principal	Paris.
Petit, Inspecteur particulier	Creil.
Harel, *idem.*	Lille.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaires.

Ligne principale : Paris—Valenciennes.

Delisle, 1re cl.	Paris.
Benielli, 1re cl.	Paris.
Talma (O ✻), 4e cl.	Paris.
Guillemin, 4e cl.	La Chapelle.
Bordessolle, 2e cl.	Pontoise.
Veroudart ✻, 4e cl.	Creil.
Niqueux, 1re cl.	Amiens.
Résilliot ✻, 2e cl.	Amiens.
Perlet ✻, 3e cl.	Arras.
Rabany, 3e cl.	Douai.
Gay ✻, 4e cl.	Lille.
Thévenin, 1re cl.	Lille.
Gourdin, 2e cl.	Lille.
Gagnebin, 3e cl.	Valenciennes.

Embranchement sur Calais et Dunkerque.

Bernard ✻, 2e cl.	Béthune.
Bouffe, 2e cl.	Hazebrouck.
De la Perrotière ✻, 4e cl.	Dunkerque.
Boquet ✻, 1re cl.	Calais.

Embranchement d'Hazebrouck à la frontière belge.

Bouffe, 2e cl., *d. n.*	Hazebrouck.

Embranchement de Dunkerque à Furnes

De la Perrotière ✻, 4e cl., *d. n.*	Dunkerque.

Lignes de Flechinelle aux houillères du Pas-de-Calais.

Bernard ✻, 3e cl. *d. n.*	Béthune.

Embranchements de Boulogne et de Boulogne à Calais.

Célariés, 1re cl.	Abbeville.
Mitantier, 1re cl.	Boulogne.

De Lille à Béthune et à Bully-Grenay.

Gourdin, 2e cl., *d. n.*	Lille.
Gay ✻, 4e cl., *d. n.*	Lille.

Embranchement de Rouen à Amiens.

Brécard ✻, 4e cl.	Rouen.
Niqueux, 1re cl., *d. n.*	Amiens.
Résilliot, 2e cl., *d. n.*	Amiens.

Embranchement d'Enghien à Montmorency.

Benielli, 1re cl., *d. n.*	Paris.
Delisle, 1re cl., *d. n.*	Paris.
Talma (O ✻), 4e cl., *d. n.*	Paris.

Embranchement de Creil à la frontière de Belgique.

Beaurin, 4e cl.	Compiègne.
....	St-Quentin.
Stévenin ✻, 3e cl.	Cambrai.
Gravelle ✻, 3e cl.	Maubeuge.

Embranchement de Creil à Beauvais.

Fabre ✻, 3e cl.	Beauvais.

Embranchements de Laon et de Chauny à Saint-Gobain.

Brochard ✻, 4e cl.	Laon.

Ligne de Paris à Soissons.

Duffo ✻, 3e cl.	Crépy en Valois
Jeanneau, 1re cl.	Soissons.

Embranchement de Senlis.

Kablé, 2e classe.	Senlis.

2e LIGNE D'ANZIN A SOMAIN.

CONTRÔLE TECHNIQUE.

M. Declerck ✻, Ingénieur en chef des mines de 2e cl., *d. n.* à Valenciennes.

Ingénieurs ordinaires :

MM. Staincq, 2e classe, *d. n.* (P. et Ch.)	Valenciennes.
Duporcq, 2e cl., *d. n.* (Mines)	Valenciennes.

Garde-Mines :

Canelle, 3e cl., *d. n.* . . . . . . Valenciennes.

INSPECTION DE L'EXPLOITATION COMMERCIALE.

M. Declerck remplit les fonctions d'Inspecteur de l'exploitation commerciale.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Saint-Albain, 4e cl.. commissaire 1re classe. . . . . . . Anzin.

RÉSEAU DE L'OUEST ET CHEMIN DE FER DE CEINTURE.

M. **DUBARC** (O ✻), Inspecteur général de 2e classe des Ponts et Chaussées, chargé de la Direction du service, à Paris.

1° CHEMIN DE FER DE L'OUEST.

CONTRÔLE TECHNIQUE.

Ingénieurs ordinaires :

MM. De Lagrené ✻, 1re classe, *d. n.* (P. et Ch.)	Paris.
Boreux, 3e classe, *d. n.* (P. et Ch.)	Caen.
Ricour ✻, 1re classe, *d. n.* (P. et Ch.)	Rennes.
Cohen ✻, 1re classe, *d. n.* (P. et Ch.)	Rouen.
D'Amécourt ✻, 1re classe, *d. n.* (P. et Ch.)	Le Mans.
Considère, 3e classe, *d. n.* (P. et Ch.)	Morlaix.
Duchanoy ✻, 1re classe (Mines)	Paris.
Massieu ✻, 1re classe, *d. n.* (Mines)	Rennes.
Vieillard, 2e classe, *d. n.* (Mines)	Caen.

Conducteurs :

Fort, 1re cl.	Paris.
Carlin, 3e cl.	Paris.
Beaudetour, 4e cl.	Paris.
Lemaire (B.), auxil.	Paris.
Deplanche (Ovide), 2e cl.	Rouen.
Poulain (J.-B.), 4e cl.	Argentan.
Duhail (Ch.), 1re cl.	Le Mans.
Lécluze, 1re cl.	Rennes.
Tannery, ppal.	Caen.
Lavalley, 3e cl.	St-Brieuc.

Gardes-Mines :

Roulier, 1re cl.	Paris.
Cuvillier, 2e cl.	Paris.
Bouvier, 5e cl.	Rennes.
Fornier, 2e cl., *d. n.*	Caen.

INSPECTION DE L'EXPLOITATION COMMERCIALE.

MM. Marie, Inspecteur principal	Paris.
Paixhans, Inspecteur particulier	Paris.
De Roux, *id.*	Paris.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaires.

Gare Saint-Lazare.

Caille, 3e cl.	Paris.
Molinier ✻, 2e cl.	Paris.
Rochet, 3e cl.	Paris.
Mariotte ✻, 4e cl.	Paris.

Gare Montparnasse.

De Cousy Fageolles, 1re cl.	Paris.
Juglart de la Grange, 4e cl.	Paris.

LIGNE PRINCIPALE : LE HAVRE—DIEPPE

Ricard, 1re cl.	Batignolles.
Dubosc (J.-F.), 1re cl.	Poissy.

. . . . Coupilland ✻, 3ᵉ cl. . . .	Mantes.
Dubosc (F.) ✻, 1ʳᵉ cl. . . Godefroy, 1ʳᵉ cl.	Rouen.
De Palma, 3ᵉ cl.	Yvetot.
Delaunay, 2ᵉ cl. . . . . . . Gueudeville ✻, 3ᵉ cl. . . .	Le Havre.
Lacroix (O ✻), 2ᵉ cl. . . .	Dieppe.

Ligne de la Banlieue et de Ceinture.

Lelorrain, 3ᵉ cl.	Auteuil.
Renard ✻, 3ᵉ cl.	St-Germain.
De Boissoudy, 1ʳᵉ cl.	Versailles (*r. d.*)
Robaglia ✻, 2ᵉ cl.	Versailles (*r. d.*)
Duhamel, 2ᵉ cl.	Versailles (*r. g.*)

Ligne principale : Brest.

Rafarin (O ✻), 1ʳᵉ cl. . . . Vieillard de Boismartin, 4ᵉ cl.	Versailles.
Lanen ✻, 4ᵉ cl.	Rambouillet.
Piépius ✻, 2ᵉ cl.	Chartres.
Guéniard ✻, 3ᵉ cl.	Nogent-le-Rotrou
Cuirblanc, 1ʳᵉ cl. . . . . . . Lancelot ✻, 2ᵉ cl.	Le Mans.
De Surmont ✻, 1ʳᵉ cl. . . .	Laval.
Main ✻, 3ᵉ cl.	Vitré.
Pigeat, 4ᵉ cl. . . . . Fougerat ✻, 2ᵉ cl.	Rennes.
Vesuty, 2ᵉ cl.	Saint-Brieuc.
Moreau, 4ᵉ cl.	Morlaix.
Lelamer, 2ᵉ cl.	Brest.

Ligne de Fougères a Vitré.

Main ✻, 3ᵉ cl., *d. n.* . . . . Vitré.

Ligne de Saint-Cyr a Dreux.

Toucheron, 2ᵉ cl. . . . . . . Dreux.

Ligne de Rennes a Saint-Malo.

Amiel, 3ᵉ cl. . . . . Saint-Malo.

Ligne du Mans a Angers.

Lecomte, 4ᵉ cl. . . . . . . Sablé.

Ligne de Laval a Mayenne.

De Surmont ✻, 1ʳᵉ cl., *d. n.* Laval.

Ligne de Laigle a Conches.

Hureau ✻, 3ᵉ cl. . . . . . Laigle.

Ligne d'Argentan a Vire.

Carrère ✻, 4ᵉ cl. . . . . . Flers.

Ligne de Flers a Pont-d'Ouilly.

Carrère ✻, 4ᵉ cl. *d. n.* . . . . Flers.

Embranchement de Mézidon au Mans.

Chaumont ✻, 1ʳᵉ cl.	Alençon.
Meyer ✻, 4ᵉ cl.	Argentan.

Ligne de Cherbourg.

Duclavel (O ✻), 4ᵉ cl. . . .	Evreux.
Saal (O ✻), 4ᵉ cl.	Lisieux.
Lemoine, 2ᵉ cl.	Lisieux.
Davy de Virville ✻, 1ʳᵉ cl.	Caen.
Brisset, 3ᵉ cl.	Bayeux.
Lepoultier, 1ʳᵉ cl.	Saint-Lô.
Monphoux ✻, 4ᵉ cl.	Cherbourg.

Embranchement de Granville.

Robio ✻, 3ᵉ cl. . . . . . . Granville.

Embranchement d'Honfleur.

. . . . . . Pont-L'Évêque.

Ligne de Serquigny a Rouen.

Cabet ✻, 3ᵉ cl. . . . . Elbeuf.

Ligne de Pontoise a Gisors et a Gournay

Derroja ✻, 4ᵉ cl. . . . . . Gisors.

2° CHEMIN DE FER DE CEINTURE AUTOUR DE PARIS ET EMBRANCHEMENT DU MARCHÉ DE LA VILLETTE.

CONTRÔLE TECHNIQUE.

M. Hachette ✻, Ingén. en chef des Ponts et Chaussées de 1ʳᵉ cl., à Paris.

Ingénieurs ordinaires :

MM. De Lagrené ✻, 1ʳᵉ classe, *d. n.* (P. et Ch.). . . . . . } Paris.
Hanet-Cléry ✻, 1ʳᵉ classe *d. n.* (Mines). . . . . } Paris.

Conducteurs :

Martignon (E.), ppᵃˡ. . . .	Champenet.
D'Huez, 1ʳᵉ cl.	Paris.
Pierrot (F.), 1ʳᵉ cl. . . . . Taiée, 2ᵉ cl.	Paris.

Gardes-Mines.

Fragonard, pp^al^. . . . Paris. | Bonvi (Ant.), 2e cl. . . Paris.

INSPECTION DE L'EXPLOITATION COMMERCIALE.

M. Hachette remplit les fonctions d'Inspecteur principal de l'exploitation commerciale.

MM. Cormier, Inspecteur particulier. . . . . } Paris.
Duvernois, idem. . . . . } Paris.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaire.

Barse, 2e classe. . . . . Paris-Charonne.

RÉSEAU DE L'EST.

M. Thoyot (O ✻), Inspecteur général de 2e classe des Ponts et Chaussées, chargé de la Direction du service, à Paris.

CONTRÔLE TECHNIQUE.

Ingénieurs ordinaires :

MM. De Villiers du Terrage ✻, 1re classe, *d.n.* (P. et Ch.). . Paris.
Nicou, 3e classe, *d. n.* (P. et Ch.). . . . . Charleville.
Varroy ✻, 1re classe (P. et Ch.). . . . . Nancy.
Gilbin, 2e classe, *d. n.* (P. et Ch.). . . . . Chaumont.
Le Bleu ✻, 1re classe (Mines). . . . . Paris.
Nivoit, 3e classe, *d. n.* (Mines). . . . . Mézières.
Keller, 2e classe, *d. n.* (Mines). . . . .

Conducteurs :

Tollet (C.), 1re cl. . . . . } Paris.
Bernard (Victor), 2e cl. . . } Paris.
Chabot, 2e cl. . . . . } Paris.
Hentgen, 2e cl. . . . . } Paris.
Mancolin, 2e cl. . . . . Reims.
Boygnes, 4e cl., *d. n.* . . . . . Chaumont.
Maréchal (M.), auxil, d. n. . } Chaumont.
Varin, auxil., *d. n.* . . . . . } Chaumont.
Gibassier (E.), 4e cl. . . . . Charleville.
Gironcourt, auxil. . . . . . . Nancy.
Marchal (Ch.), 4e cl. . . . . Luneville.

Gardes-Mines :

Blacher (Ad.), 1re cl. . . . . } Paris.
Bonvin (G.), 2e cl. . . . . . . } Paris.
Labeyrie (L.), 3e cl. . . . . . } Paris.
Labeyrie (Ad.), 3e cl. . . . . Epernay.
Maigret, 5e cl. . . . . Mézières.

INSPECTION DE L'EXPLOITATION COMMERCIALE.

MM. Keller ✳, Inspecteur principal.	Paris.
Chodzkiewicz ✳, Inspecteur particulier	Paris.
D'Egvilly (O ✳), *idem.*	Nancy.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaires.

Ligne principale. Paris—Strasbourg.

Lamarle, 1re classe.	Paris.
Tresneau, 1re cl.	Paris.
De Singly, 4e cl.	Paris.
Cornu, 1re cl.	La Villette.
Eichelbrenner, 2e cl.	La Villette.
Gougelet ✳, 2e cl.	Meaux.
Demay, 1re cl.	Epernay.
De Ruffey, 3e cl.	Châlons.
Decrept ✳, 3e cl.	Bar-le-Duc.
Couchot ✳, 1re cl.	Commercy.
Choisel, 1re cl.	Nancy.
Jassada, 1re cl.	Nancy.
Coutan ✳, 3e cl.	Lunéville.

Embranchement de Reims.

Nancy, 1re cl.	Reims.
Lemarié, 2e cl.	Reims.

Embranchement de Reims à Metz.

De Ruffey, 3e cl., *d.* *s.*	Châlons.
Lhoste, 4e cl.	Verdun.

Ligne des Ardennes.

De Sambœuf, 1re cl.	Charleville.
Soret ✳, 4e cl.	Givet.
Roque, 4e cl.	Montmédy.

De Mézières à Hirson.

De Sambœuf, 1re cl., *d.* *s.*	Charleville.

Embranchement de Blesme à Saint-Dizier et Gray.

Carpen ✳, 2e cl.	Joinville.

Ligne de Wassy à Saint-Dizier.

Carpen ✳, 2e cl., *d.* *s.*	Joinville.

Embranchement de Chaumont à Toul.

Carpen ✳, 2e cl., *d.* *s.*	Joinville.

Embranchement de Langres à Auxonne.

Meugniot, 1re cl.	Gray.

Ligne de Reims à Metz.

Lhoste, 4e cl., *d.* *s.*	Verdun.

Ligne principale : Paris—Belfort.

Touret ✳, 1re cl.	Tournan.
Cabrol ✳, 3e cl.	Nogent-s.-Seine.
Lambert (F.) ✳, 3e cl.	Troyes.
Balesté ✳, 2e cl.	Bar-sur-Aube.
Paulet ✳, 2e cl.	Chaumont.
Michaud, 3e cl.	Langres.
Colin, 4e cl.	Vesoul.
Schaeler ✳, 3e cl.	Belfort.

Embranchement de Provins.

Sautot ✳, 4e cl.	Provins.

Embranchement de Coulommiers.

Chrétien, 1re cl.	Coulommiers.

Embranchement de Nancy à Épinal et à Gray.

Fourneau ✳, 2e cl.	Epinal.
Gérard, 1re cl.	Epinal.

Embranchement de Bar-sur-Seine et Chatillon.

Sauvage ✳, 3e cl.	Bar-sur-Seine.

Ligne de Vincennes.

Bloch ✳, 2e cl.	Paris.
Perret ✳, 1re cl.	Vincennes
Lamartinière ✳, 3e cl.	Vincennes

RÉSEAU D'ORLÉANS ET PROLONGEMENTS, ET LIGNES DIVERSES QUI S'Y RATTACHENT.

M. Dufresne (O ✻), Inspecteur général de 2e classe des Ponts et Chaussées, chargé de la Direction du service, à Paris.

1° CHEMIN DE FER DE PARIS A ORLÉANS ET PROLONGEMENTS

CONTRÔLE TECHNIQUE.

Ingénieurs :

MM. De Lepinay ✻, Ingén. en chef de 2e cl. (P. et Ch.)	Paris.
Batereau ✻, 1re classe, *d. n.* (P. et Ch.).	Angers.
Viellet-Dubreil ✻, 1re classe, *d. n.* (P. et Ch.). . . .	Nantes.
Hausser, 3e classe, *d. n.* (P. et Ch.).	Lorient.
De Lafont ✻, 1re classe, *d. n.* (P. et Ch.).	Poitiers.
Potel ✻, 1re classe, *d. n.* (P. et Ch.).	La Rochelle.
Faure, 3e classe *d. n.* (P. et Ch.).	Angoulême.
Brière, 2e classe, *d. n.* (P. et Ch.).	Bourges.
Radoult de Lafosse ✻, 1re classe, *d. n.* (P. et Ch.). .	Moulins.
Fabre, 3e classe, *d. n.* (P. et Ch.).	Limoges.
Saleta ✻, 1re classe, *d. n.* (P. et Ch.)	Bergerac.
Caillié, 3e classe, *d. n.* (P. et Ch.)	Figeac.
Dusauzey ✻, 1re classe, *d. n.* (P. et Ch.).	Alby.
Orsel (O ✻), 1re classe (Mines).	Paris.
De Gouvenain ✻, 1re classe, *d. n.* (Mines).	Moulins.
Lorieux ✻, 1re classe, *d. n.* (Mines).	Nantes.

Conducteurs :

Bierguel, 1re cl.	Paris.
Montel (M.), 2e cl.	
Blanpain (Et.), 3e cl. . . .	
Villaumé, 3e cl.	
Roger (Ang.), 4e cl. . . .	
Roussez, 1re cl.	Vierzon.
Geslot, 3e cl.	Nantes.
Mérican, 2e cl.	Figeac.
Dureysseix, 1re cl.	Limoges.
Sabarly, pp^al.	Tours.
Chenaud (J.-B.), pp^al. . .	Angoulême.
Brunet (L.), 1re cl	Niort.
Virollet (J.-B.), 4e cl. . .	Moulins.
Janton, auxil.	
Culot, 3e cl. *d. n.*	Périgueux.
Arnaud (J.-B.), 1re cl., *d. n.*	Albi.
Granger, 3e cl., *d. n.*.	Lorient.

Gardes-Mines :

Laplanche, pp^al.	Paris.
Cluny, 1re cl.	
Faugière ✻, pp^al, *d. n.* . .	Montluçon.
Guèze, 4e cl.	Tours.
Martine, 2e cl., *d. n.* . . .	Périgueux.
*Volski, 1re cl.	Nantes.
Vivien, 2e cl., *d. n.* . . .	
Jourdan, 3e cl., *d. n.* . . .	Guéret.

INSPECTION DE L'EXPLOITATION COMMERCIALE.

MM. Bataille ✻, Inspecteur principal.	Paris.
Guillemeteau ✻, *idem*.	
Leroy de Saint-Arnaud, Inspect. particul.	Paris.
De Montbrun ✻, *idem*.	Tours.
Duplan, *idem*.	Bourges.
Nivet (O ✻), *idem*.	Bordeaux.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaires.

Ligne principale : Paris—Bordeaux.

Corbel, 1re cl.	Paris.
Burgard, 3e cl.	
Cappel'e, 2e cl.	
Nanta, 2e cl.	Ivry.
Noël ✻, 3e cl.	Juvisy.
De Veslud ✻, 4e cl.	Etampes.
Méri de la Canorgue, 1re cl.	Orléans.
Grandchamp, 2e cl.	
De Burosse, 1re cl.	
Colonna, 2e cl.	Beaugency.
Moreau ✻, 1re cl.	Blois.
Seiller, 1re cl.	Tours.
Dominique ✻, 1re cl.	
Larrazet (O ✻), 2e c.	
Lépine ✻, 4e cl.	Chatellerault.
Mornand, 1re cl.	
Dassy ✻, 3e cl.	Poitiers.
Courteau, 4e cl.	
Ribeyrol, 1re cl.	Ruffec.
Thomas ✻, 2e cl.	Angoulême.
Potier ✻, 2e cl.	Coutras.
De Neuchèze, 1re cl.	Libourne.
Gazagne, 1re cl.	Bordeaux.
Bouillet, 3e cl.	
Saint-Quentin, 4e cl.	

Ligne de Brétigny à Vendome.

Comte ✻, 3e cl.	Vendôme.
Marie ✻, 3e cl.	Châteaudun.

Ligne d'Orléans au Guétin.

Corriger ✻, 2e cl.	Vierzon.
Berteloite ✻, 3e cl.	
Boillot, 4e cl.	Bourges.
Saint-Didier, 4e cl.	

Lignes de Moulins à Bourges et à Laurière.

Duchasseint, 2e cl.	Montluçon.
Mainfroy ✻, 4e cl.	
Boutillier, 3e cl.	Saint-Amand.
Leroy, 4e cl.	Guéret.

Ligne de Montluçon à Gannat

Nony, 2e cl.	Gannat.

Ligne de Vierzon à Périgueux.

Cœuille, 1re cl.	Châteauroux.
Dubois (P.), 2e cl.	Limoges.
Martinet, 3e cl.	
Velleret ✻, 1re cl.	Thiviers.

Ligne de Tours à Nantes.

Ventox-Duclaux, 1re cl.	Saumur.
Daurée de Prades, 1re cl.	Angers.
Lalande ✻, 2e cl.	
Delavau, 3e cl.	Ancenis.
Piron, 1re cl.	Nantes.
Chaulet ✻, 3e cl.	

Ligne de Tours à Vierzon.

Seiller, 1re cl.	Tours.
Dominique ✻, 2e cl., *d. n.*	
Larrazet (O ✻), 2e cl., *d. n.*	
Corriger ✻, 3e cl., *d. n.*	Vierzon.
Berteloite ✻, 3e cl., *d. n.*	

Ligne d'Angers à Niort.

Daurée de Prades, 1re cl., *d. n.*	Angers.
Lalande ✻, 2e cl., *d. n.*	
Beaugey ✻, 4e cl.	Bressuire.

Ligne de Tours au Mans.

Mansais, 2e cl.	Château-du-Loir.

Lignes de Nantes à St-Nazaire, à Landerneau et à Pontivy.

Coppé ✻, 1re cl.	St-Nazaire.
De Jorna, 3e cl.	Redon.
Laurent, 2e cl.	Vannes.
Clusel ✻, 2e cl.	Lorient.
Léveillé ✻, 3e cl.	Quimper.
Bernard, 4e cl.	Châteaulin.
De Brettes, 3e cl.	Pontivy.

Ligne de Poitiers à Limoges.

Dassy ✻, 3e cl., *d. n.*	Poitiers.

Ligne de Nantes à Roche-sur-Yon.

Renaud, 4e cl.	Roche-sur-Yon.

Ligne de La Rochelle à Rochefort.

Domazant, 1re cl.	Niort.
Couzineau ✻, 3e cl.	La Rochelle.
Lapeyre ✻, 1re cl.	Rochefort.

Ligne de Libourne à Castillon.

De Neuchèze, 1re cl. *d. n.*	Libourne.

Ligne de Périgueux à Agen.

Chalut, 2e cl.	Périgueux.
Fargeot, 4e cl.	
Thénevot, 2e cl.	Belvez.

Embranchement de Villeneuve-d'Ag à Penne.

Thenevot, 2e cl., *d. n.*	Belvez.

Ligne de Libos à Cahors.

Coulon-Lagranval ✻, 3e cl.	Cahors.

LIGNES DE PÉRIGUEUX A MONTAUBAN, A RODEZ ET A ARVANT.

Cessac, 1re classe	Brives.
Ruy ❋, 3e cl.	Figeac.
Baudouin, 2e cl.	Aurillac.
Barte, 1re cl.	Murat.
Fresnaye, 2e cl.	Capdenac.
Pinceux ❋, 1re cl.	Villefranche.
Bonthoux ❋, 2e cl.	Montauban.
De Matha, 4e cl.	Rodez.

LIGNE DE TOULOUSE A ALBI.

Blanc ❋, 2e cl.	Albi.
Azema ❋, 3e cl.	Gaillac.

LIGNES DE SCEAUX ET D'ORSAY.

D'Hericourt ❋, 3e cl.	Paris.
Seugnot ❋, 3e cl.	Limours.

2e LIGNE DE ROCHE-SUR-YON AUX SABLES-D'OLONNE.

CONTRÔLE TECHNIQUE.

M. ENDRÈS ❋, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées de 2e classe, à Roche-sur-Yon.

Ingénieurs ordinaires :

MM.	Aubry.., 3e cl., *d. n.* (P. et Ch.)	Roche-sur-Yon.
	Brossard de Corbigny ❋, 2e cl., *d. n.* (Mines)	Angers.

Conducteur :

Chamuel, 4e cl. *d. n.*	Roche-sur-Yon.

Garde-Mines :

Fopp, 4e cl.	Angers.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Granger ❋, Commissaire de 4e classe, à Roche-sur-Yon.

3e LIGNE DES DEUX-CHARENTES.

CONTRÔLE TECHNIQUE.

M. COMPAING ❋, Ingén. en chef des P. et Ch., de 1re classe, *d. n.* à Poitiers.

Ingénieurs ordinaires :

MM.	Polony, 3e classe, *d. n.* (P. et Ch.)	Rochefort.
	Alexandre, 3e classe, *d. n.* (P. et Ch.)	Angoulême.
	Faure, 3e classe, *d. n.* (P. et Ch.)	Angoulême.
	Silhol, 3e classe, *d. n.* (Mines)	Limoges.

Conducteurs :

Giraud (M.), 3e cl., *d. n.*	Rochefort.
Laguarde (F.), 3e cl., *d. n.*	Angoulême.

Garde-Mines :

N..., 3e cl., *d. n.*	Angoulême.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaires.

Vitet ❋, 4e cl.	Rochefort.
Bourgogne, 3e cl.	Saintes.
Lalanne, ❋ 4e cl.	Jonzac.

RÉSEAU DE PARIS A LA MÉDITERRANÉE, ET LIGNES DIVERSES QUI S'Y RATTACHENT.

M. COUCHE (O ✻), Inspecteur général de 2e classe des Mines, chargé de la Direction du service, à Paris.

CONTRÔLE TECHNIQUE.

1e SECTION.

Lignes de Paris à Chagny : Embranchements d'Auxerre et de Châtillon-sur-Seine; — de Villeneuve à Montargis; — Embranchements de Pithiviers et de Moret à la Charité; — de Dijon à Belfort; — de Gray à Auxonne, de Gray à Fraisans; — de Dôle à Pontarlier; — de Salins et de Champagnolle; — de Besançon à Poligny (exclusivement); **— de Montbéliard à Delle.**

Ingénieurs ordinaires.

MM. Lévy (Maurice), 2e classe (P. et Ch.)	Paris.
Bataille, 3e classe, *d. n.* (P. et Ch.)	Besançon.
Cte de Vassart d'Hozier ✻, 1re cl. (Mines)	Paris.
Villié, 2e classe, *d. n.* (Mines)	Dijon.

Conducteurs :

Cary, 1re cl.	Paris.
Mathieu (E.), 2e cl.	Paris.
Minot (J.-B.), 2e cl.	Paris.
Tollet (H.), auxil.	Paris.
Focillon, 2e cl.	Dijon.
Bouhin, 3e cl., *d. n.*	Besançon.

Gardes-Mines :

Vallet, 1re cl.	Paris.
Clère, 2e cl.	Paris.
Keiser, 3e cl.	Paris.
Zerling, 3e cl.	Paris.
Doillon, 4e cl.	Dijon.
Heuret, 1re cl., *d. n.*	Lyon.
Massin, 4e cl.	Clermont.

2e SECTION.

Lignes de La Charité à Langeac; — de Nevers à Chagny; — de Moulins à Montchanin; — d'Etang à Epinac : — de Clermont-Ferrand à Pont-de-Dore — Embranchement de Vichy; — Lignes d'Epinac à Pont-d'Ouche, du Creusot et de Créot; — Lignes de Saint-Germain-des-Fossés à Saint-Germain au mont d'Or; — de Roanne à Lyon par Saint-Étienne; — de Saint-Just à Monbrison; — de Saint-Étienne au Puy; — Embranchements de Givors à Chasse et de la Beraudière; — Lignes de Chagny à Saint-Rambert; — d'Albon; — de Mâcon à Genève; — de Lyon à Poligny; — de Lyon à Moirans.

M. CACARRIÉ ✻, Ingén. en chef des Mines de 1re classe, à Saint-Étienne.

Ingénieurs ordinaires :

MM.	Bonneau du Martray, 2e classe *d. n.* (P. et Ch.)	Nevers.
	Delocre ✻, 1re classe, *d. n.* (P. et Ch.)	Lyon.
	Jacquet ✻, 1re classe *d. n.* (P. et Ch.)	Lyon.
	Résal ✻, 1re classe (Mines)	Paris.
	Laseure ✻, 1re classe, *d. n.* (Mines)	Rive-de-Gier.
	Luuyt ✻, 1re classe, *d. n.* (Mines)	Lyon.

Conducteurs :

Bossuat (H.), 4e cl.	Nevers.	Poy, 1re cl.	Lyon.
Defouilloux, auxil., *d. n.*	Luzy.	N.	Lyon.
Roche, 1re cl.	Moulins.	Roze (A.), 3e cl. *d. n.*	Lyon.
Prudhomme (L.), 2e cl.	Saint-Étienne.		

Gardes-Mines :

*Kaiser, 3e cl., *d. n.*	Paris.	*Lavé, 3e cl., *d. n.*	Rive-de-Gier.
*Repelin, 3e cl.	Saint-Étienne.	*Toulza, 2e cl., *d. n.*	Lyon.
*Massin, 4e cl., *d. n.*	Clermont.	*Sarran, 5e cl., *d. n.*	Lyon.

3e SECTION.

Lignes de Valence à Chambéry; — de Saint-Rambert à Rives; — de Saint-Lambert à Annonay; — de Livron à Privas; — de Saint-Rambert à Marseille; — Embranchements de Carpentras et de Cavaillon; — de Tarascon à Cette; — de Nîmes à Bessèges; — d'Alais à Villefort et embranchement; — d'Arles à Lunel; — de Marseille à Menton; — Embranchements de Valdonne, d'Aix, de Meyrargues et de Draguignan.

M. Monnet ✻, Ingén. en chef des Ponts et Chaussées de 1re classe, *d. n.*, à Marseille.

Ingénieurs ordinaires :

MM.	Pasqueau 2e classe, *d. n.* (P. et Ch.)	Grenoble.
	Lenthéric, 2e classe *d. n.* (P. et Ch.)	Nîmes.
	Parlier, 2e cl., *d. n.* (P. et Ch.)	Marseille.
	Baudinot ✻, 1e classe, *d. n.* (Mines)	Grenoble.
	Ledoux, 2e classe, *d. n.* (Mines)	Alais.
	Villot, 1e classe, *d. n.* (Mines)	Marseille.

Conducteurs :

Verdot (Aug.), 2e cl.	Marseille.	*Thiervoz, auxil., *d. n.*	Grenoble.
Manthès, principal	Nîmes.	Montel (N.), 3e cl., *d. n.*	Marseille.
Moncourant, 1re classe	Nîmes.	Garriol (L.), 4e cl.	Marseille.

Gardes-Mines :

*Mittre, 1re cl., *d. n.*	Alais.	*Lecomte, 5e cl., *d. n.*	Marseille.
Bourdon, 2e cl., *d. n.*	Grenoble.	*Albin, 3e cl.	Avignon.

4e SECTION.

Lignes du Rhône au mont Cenis; — d'Annecy à Aix; — du mont Cenis.

M. Ce Dumoulin ✻, Ingén. en chef des P. et Ch. de 2e cl., *d. n.*, à Chambéry.

Ingénieurs ordinaires :

MM. Méray ✱, 1re classe (P. et Ch.)........ } Chambéry.
Perrin, 3e classe (Mines).......... }

Conducteurs :

Cellière, 2e cl., d. n....... } Chambéry.
Juge, 4e cl., d. n....... }

Garde-Mines :

Goddart, 4e cl., d. n...... Chambéry.

5e SECTION.

Lignes de Lyon à la Croix-Rousse ; de la Croix-Rousse à Sathonay ; — de Sathonay à Bourg.

MM. Lonjon ✱, Ingén. en chef des Ponts et Chaussées de 1re cl., d. n. . . Lyon.

Ingénieurs ordinaires :

MM. Jacquet ✱, 1e classe, d. n. (P. et Ch.)............ } Lyon
Luuyt ✱, de 1re classe, d. n. (Mines)........... }

Conducteurs :

Poy, 1re cl., d. n..... } Lyon.
Rossi (J.-B.)....... }

Gardes-Mines :

Toulza, 2e cl., d. n....... } Lyon
Sarran, 3e cl., d. n..... }

INSPECTION DE L'EXPLOITATION COMMERCIALE.

MM. De Savigny ✱, Inspecteur principal............. Paris.
Lafon (O ✱), Inspecteur principal............... Lyon.
Robin ✱, Inspecteur particulier................ Paris.
James, Inspecteur particulier................. Paris.
Teulon ✱, Inspecteur particulier.............. Nîmes.

Surveillance administrative du Réseau.

1° LIGNE DE PARIS A LYON PAR LA BOURGOGNE ET EMBRANCHEMENTS.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaires.

LIGNE PRINCIPALE : PARIS-LYON.

Etard ✱, 2e cl....... } Paris.
Pietra Santa, 3e cl...... }
.. .. }
Bimet, 2e cl......... } Bercy.
De Ligniville, 1re cl..... }
Maréchal (Ch.) ✱, 2e cl. . Melun.
Bossan ✱, 1re cl......... Fontainebleau.
Naux, 2e cl......... } Montereau.
Poncet, 4e cl......... }
Bocahut ✱, 3e cl...... Sens.
Dillon ✱, 1re cl........ Tonnerre.
Rayez, 4e cl.......... Montbard.
Quinquin ✱, 2e cl..... } Dijon.
Mallard ✱, 3e cl...... }
Du Chaylard ✱, 3e cl... }
Note ✱, 4e cl....... Châlon.
Ladoux ✱, 1re cl...... } Mâcon.
Petitprêtre ✱, 3e cl..... }
Alexandre, 4e cl....... Villefranche.
Médard, 1re cl......... } Lyon.
Vermorel ✱, 3e cl..... }
Dornier ✱, 4e cl...... }
Astier ✱, 3e cl...... }
Leyssale-Cumont, 4e cl... }

EMBRANCHEMENT D'AUXERRE.

Bertrou, 1re cl........... Auxerre.

EMBRANCHEMENT DE CHATILLON-SUR-SEINE.

Lachassagne ✱, 4e cl...... Châtillon.

EMBRANCHEMENT DE DIJON A BESANÇON A RANCHOT ET A BELFORT, ET A OUGNEY.

Jeannot ✻, 3e cl. . . . . . } Dôle.
Henry, 2e cl. . . . . }
Maréchal (Georges) ✻, 2e cl. } Besançon.
Hugonneau ✻, 2e cl. . . . . }
Barçon, 3e cl. . . . . Montbéliard.

EMBRANCHEMENT DE PONTARLIER.

Bonnet ✻, 4e cl. . . . . . . Salins.
Martin, 4e cl. . . . . Pontarlier.

EMBRANCHEMENT DE DOLE A BOURG.

Grousteau ✻, 3e cl. . . . . Lons-le-Saulnier.

EMBRANCHEMENT D'AUXONNE.

Noirot ✻, 1re cl. . . . . . . Auxonne.

LIGNE D'ÉPINAC A PONT-D'OUCHE.

Decheverry ✻, 4e cl. . . . . Autun.

SECTION DE SANTENAY A ETANG.

Decheverry ✻, 4e cl., d. n. Autun.

EMBRANCHEMENT DE CHAGNY A NEVERS ET A MOULINS.

Servant, 4e cl. . . . . Chagny.
Roidot ✻, 3e cl. . . . . . . Paray-le-Monia.
Decheverry ✻, 4e cl., d. n. Autun.

LIGNES DU CREUSOT AU CANAL DU CENTRE ET DE CRÉOT A LA LIGNE DE CHAGNY A MOULINS.

Servant, 4e cl., d. n. . . . Chagny.
Roidot ✻, 3e cl., d. n. . . . Paray-le-Monia.

EMBRANCHEMENT DE LYON A GENÈVE.

Cipollina, 2e cl. . . . . Lyon.
. . . . . Ambérieux.
Rivas ✻, 2e cl. . . . . . . Culoz.
Tardy de Montravel, 4e cl. . Bellegarde.

EMBRANCHEMENT D'AMBÉRIEUX A MACON.

Picard, 1re cl. . . . . } Bourg.
Semidei, 4e cl. . . . . }

2e LIGNE DE PARIS A LYON PAR LE BOURBONNAIS ET EMBRANCHEMENTS.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaires.

LIGNE PRINCIPALE : PARIS — LYON.

Lécuyer, 1re cl. . . . . Corbeil.
Poteau ✻, 2e cl. . . . . . . Moret.
Marix ✻, 2e cl. . . . . . . Montargis.
Maitre ✻, 3e cl. . . . . . . Cosne.
Mouroult, 1re cl. . . . . . } Nevers.
Giat, 2e cl. . . . . }
Nival, 1re cl. . . . . } Moulins.
Dubois (Ant.) ✻, 4e cl. . . }
Agnéty, 2e cl. . . . . } St-Germain-des-Fossés.
D'Auzolles, 3e cl. . . . . . }
Manioulour ✻, 4e cl. . . . Roanne.
Beuret ✻, 2e cl. . . . . . . Le Coteau.
Mandet, 2e cl. . . . . } Saint-Étienne.
Toussaint ✻, 3e cl. . . . . }
Bernis, 4e cl. . . . . Givors.
Court, 1re cl. . . . . } Lyon.
Castelnovo (O ✻), 3e cl. . . }

LIGNE DE MALESHERBES A PITHIVIERS.

Marix ✻, 2e cl., d. n, . . . Montargis.

EMBRANCHEMENT DE VICHY.

Bigard ✻, 3e cl. . . . . . . Vichy.

EMBRANCHEMENT SUR BRIOUDE.

N. . . . . } Clermont.
De Clamecy, 4e cl. . . . . }
Bajon, 3e cl. . . . . }
Delanef, 1re cl. . . . . . . Brioude.

EMBRANCHEMENT DE SAINT-ÉTIENNE AU PUY.

Brognin, 2e cl. . . . . Firminy.
Treilhe (Antoine), 2e cl. . . Le Puy.

EMBRANCHEMENT DES AIGUILLES DU CLUZEL A ROCHE-LA-MOLIÈRE.

Mandet, 2e cl., d. n. . . . . Saint-Etienne.

EMBRANCHEMENT DE CLERMONT A MONTBRISON.

Bajon, 3e cl. d. n. . . . . . Clermont.

EMBRANCHEMENT DE MONTBRISON.

Joubert, 3e cl. . . . . Montbrison.

EMBRANCHEMENT DE TARARE A SAINT-GERMAIN.

Béjot, 4e cl. . . . . Tarare.

3e LIGNE DE LYON A LA MÉDITERRANÉE ET EMBRANCHEMENTS.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaires.

LIGNE PRINCIPALE : LYON—MARSEILLE.

Grimardias, 4e cl. . . . . Vienne.
Donna, 2e cl. . . . . Saint-Rambert.
Joudou ✻, 1re cl. . . . . } Valence.
Wathier ✻, 1re cl. . . . . }
Lantenois ✻, 3e cl. . . . . Montélimart.
Métivier, 1re cl. . . . . . . Avignon.
Favre ✻, 4e cl. . . . . . . } Tarascon.
Pontanel ✻, 3e cl. . . . . . }
Guiran ✻, 2e cl. . . . . . . }
Servan de Bedezaure, 4e cl. } Marseille.
Néton, 3e cl. . . . . }
Simon (O ✻), 4e cl. . . . . Arles.

EMBRANCHEMENTS DE LYON, DE SAINT-RAMBERT ET DE VALENCE A GRENOBLE.

André, 4e cl. . . . . Bourgoing.
Bernardi ✻, 4e cl. . . . . . Voiron.
Douglas, 4e cl. . . . . Saint-Marcellin.
Mounier ✻, 1re cl. . . . . } Grenoble.
Revel, 3e cl. . . . . }

LIGNE DE SAINT-RAMBERT A ANNONAY.

Donna, 2e cl., *d. n.* . . . . . . Saint-Rambert.

EMBRANCHEMENT DE PRIVAS.

Guigon, 2e cl. . . . . . . Privas.

EMBRANCHEMENT DE CARPENTRAS.

Vermalle, 1re cl. . . . . . . Carpentras.

EMBRANCHEMENT D'AVIGNON A APT.

Jalabert ✻, 4e cl. . . . . . . Cavaillon.

EMBRANCHEMENT D'ALAIS, DE BESSÈGES ET DE VILLEFORT A LANGEAC.

De la Bretesche ✻, 4e cl. . Villefort.
Palazzy, 2e cl. . . . . Langogne.

EMBRANCHEMENT D'AIX.

Lyon, 4e cl. . . . . Aix.

EMBRANCHEMENT D'ARLES A LUNEL.

Charton (Noël) ✻, 4e cl. . . Lunel.

EMBRANCHEMENT DE CETTE.

Viel, 1re cl. . . . . } Nimes.
Delorme, 4e cl. . . . . }
Peyrolle ✻, 2e cl. . . . . . } Montpellier.
Bermont de Vachères, 2e cl. }
Lambert (Ed.), 3e cl. . . . Cette.

LIGNE DE TOULON A NICE ET A MENTON.

Trenty-Martilloque, 4e cl. . . Aubagne.
Delabarre ✻, 1re cl. . . . . } Toulon.
Prat ✻, 2e cl. . . . . }
Menard, 4e cl. . . . . Les Arcs.
Issaurat ✻, 1re cl. . . . . . } Nice.
Lacoste, 1re cl. . . . . }
Gastaldy, 2e cl. . . . . Menton.

4e LIGNE D'ANNECY A AIX.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaire.

Levert, commissaire de 3e cl. . . . . Annecy.

5e LIGNES DE VICTOR-EMMANUEL ET DU MONT CENIS.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Figard ✻, 3e cl. . . . . Aix-les-Bains.
Pillon, 4e cl. . . . . Chambéry.
Néton, 4e cl. . . . . Saint-Michel.

6e LIGNES DE LYON A LA CROIX-ROUSSE; — DE LA CROIX-ROUSSE A SATHONAY; DE SATHONAY A BOURG.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaire :

Poisot, 3e cl. . . . . Lyon.

RÉSEAU DU MIDI ET LIGNES QUI S'Y RATTACHENT.

M. JAQUEMET (O ✻), Inspecteur général des Ponts et Chaussées de 2e cl., chargé de la Direction du service, à Bordeaux.

1° CHEMINS DE FER DU MIDI.

CONTRÔLE TECHNIQUE.

Ingénieurs ordinaires :

MM. Stoecklin ✻, 1re cl., *d. n.* (P. et Ch.) . . . . Bayonne.
Salva, 2e cl., *d. n.* (P. et Ch.) . . . . Cette.
Moffre ✻, 1re classe, *d. n.* (P. et Ch.) . . . . Toulouse.
Cendre, 3e classe, *d. n.* (P. et Ch.) . . . . Agen.
Fargue (O ✻), 1re cl., *d. n.* (P. et Ch.) . . . . Bordeaux.
D'Ussel ✻, 3e cl., *d. n.* (P. et Ch.) . . . . Tarbes.
Dusauzey ✻, 1re classe, *d. n.* (P. et Ch.) . . . . Albi.
Malbes ✻, 2e classe, *d. n.* (P. et Ch.) . . . . Perpignan.
Linder (O ✻), 1re classe, *d. n.* (Mines) . . . . Bordeaux.
Genreau ✻, 3e classe, *d. n.* (Mines) . . . . Pau.

Conducteurs :

Belluc, 2e cl. . . . . } Bordeaux.
Mattabon (A.), 2e cl. *d. n.* . . } Bordeaux.
Lespinasse, 2e cl. . . . . } Bordeaux.
Astié, 3e cl. . . . . } Bordeaux.
Pouey 4e cl. . . . . } Bordeaux.
Lartigan (H), auxil. . . . . . } Bordeaux.
Dedaux, ppal . . . . Toulouse.
Bénézech, 3e cl., *d. n.* . . . . Agde.
Nouguès, 2e cl. . . . . } Agen.
* Baritaud, 4e cl., *d. n.* . . . } Agen.
Bétis, 4e cl. . . . . } Bayonne.
Lavigne (J.), auxil., *d. n.* . . } Bayonne.
Arnaud (L.), ppal, *d. n.* . . . Albi.
* Laurens, 2e cl., *d. n.* . . . . } Tarbes.
* Tourinel, auxil., *d. n.* . . . } Tarbes.
Lassale (B.), 4e cl., *d. n.* . . Perpignan

Gardes-Mines.

* Cazenave, 3e cl., *d. n.* . . } Bordeaux.
Larcade, 4e cl. . . . . . . } Bordeaux.
Costier, 3e cl. . . . . . . Toulouse.
Huguenin, 5e cl. . . . . Pau.
Feyte, 5e cl. . . . . . . Béziers.

INSPECTION DE L'EXPLOITATION COMMERCIALE.

MM. Soulliard de Blangis ✻, Inspecteur principal. . . . . . Bordeaux.
Bechameil (O ✻), Inspecteur particulier . . . . Toulouse.
Coubé-~~Chaptal~~, *idem* . . . . Bayonne.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaires.

LIGNE PRINCIPALE : BORDEAUX—CETTE.

Vignerte, 1re cl.	Bordeaux.
Barthès, 1re cl.	
Villedieu, 1re cl.	
Levessel ✱, 4e cl.	
Berbesson, 1re cl.	Langon.
Thevenin (A.) ✱, 4e cl.	Marmande.
*Lacouture ✱, 2e cl.	Agen.
Calvel ✱ 4e cl.	
Chaubard, 4e cl.	Moissac.
Reynaud, 1re cl.	Montauban.
Manes, 1re cl.	Toulouse.
Chenu ✱, 2e cl.	
Fauré, 2e cl.	Castelnaudary.
Sabatier ✱, 2e cl.	Carcassonne.
Coloni ✱, 4e cl.	Narbonne.
Dupuy ✱, 3e cl.	Béziers.
Cavalerie ✱, 4e cl.	Agde.
Daguerre, 4e cl.	Cette.
Chaverot ✱, 4e cl.	

EMBRANCHEMENT DE LANGON A BAZAS.

Berbesson, 1re cl., *d. n.*	Langon.

LIGNE DE BORDEAUX A BAYONNE.

Chastaing, 2e cl.	Bordeaux.
Guillaume ✱, 4e cl.	Morcenx.
Germoy ✱, 3e cl.	Dax.
Noyrit, 1re cl.	Bayonne.
Delbé, 1re cl.	

EMBRANCHEMENT DE MONT-DE-MARSAN.

Lablache-Combier (O ✱), 2e cl.	Mont-de-Marsan.

LIGNE DE TOULOUSE A BAYONNE.

Teyssandier, 3e cl.	Montrejeau.
Ferran, 1re cl.	Tarbes.
Bonzom (O ✱), 3e cl.	
Guyard ✱, 3e cl.	Pau.

LIGNE DE MONTPELLIER A RODEZ.

Junqua, 4e cl.	Paulhan.

LIGNE D'AGEN A TARBES.

Bertrès, 1re cl.	Auch.
Sautereau, 4e cl.	Mirande.

EMBRANCHEMENT DE MAZAMET.

Escande (O ✱), 3e cl.	Mazamet.

LIGNE DE CARMAUX A ALBI.

Gitareu, 2e cl.	Albi.

EMBRANCHEMENT DE PERPIGNAN ET DE PORT-VENDRES.

Martin ✱, 2e cl.	Perpignan.

EMBRANCHEMENT DE GRAISSESSAC.

Dupuy ✱, 3e cl. *d. n.*	Béziers.

LIGNE DE SAINT-SIMON A FOIX.

Rumeau, 1re cl.	Foix.

LIGNE DE LODÈVE ET DE MONTPELLIER.

Cavalerie ✱, 4e cl. *d. n.*	Agde.
Junqua, 4e cl., *d. n.*	Paulhan.

LIGNE DE LOURDES A PIERREFITTE.

Bonzom (O ✱), 3e cl., *d. n.*	Tarbes.

2° CHEMINS DE FER DE PERPIGNAN A PRADES.—DE PERPIGNAN A PORT VENDRES.

CONTRÔLE TECHNIQUE.

Ingénieurs ordinaires :

MM. Malbes ✱, 2e cl., *d. n.* (P. et Ch.). . . . . Perpignan.
Linder ✱, 1re cl., *d. n.* (Mines.). . . . . Bordeaux.

Conducteur :

Lassalle (Barthe), 4e cl. . . . . Perpignan.

Garde-mines :

Larcade, 4e cl. *d. n.* . . . . Béziers.

INSPECTION DE L'EXPLOITATION COMMERCIALE.

MM. Souillard de Blangis ✱, Inspecteur principal, *d. n.* . . . . Bordeaux.
Bechameil (O ✱), Inspecteur particulier, *d. n.* . . . . . . Toulouse.

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Marchand, Commissaire, 1re cl. . . . . Perpignan.

3e CHEMIN DE FER DE BORDEAUX AU VERDON.

MM. Pairier ✱, Ingénieur en chef de 1re classe, chargé de la direction du service, à Bordeaux.

Ingénieurs ordinaires.

Baumgartner, 2e classe, *d. n.* (P. et Ch.) . . . . . } Bordeaux.
Linder (O ✱), 1re classe, *d. n.* (Mines). . . . . . . }

SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE.

Commissaire.

De Tournadre, 4e classe. . . . . Bordeaux.

LISTE GÉNÉRALE ET ALPHABÉTIQUE

DES

INGÉNIEURS DES MINES.

Noms des Ingénieurs.	Grades.	Services.
A		
Aguillon ✻.	ing. ord. 3e cl. .	Montpellier, Div. sud-ouest.
Amiot.	élève 1re cl. . . .	École.
Audibert (O ✻)	ing. ord. 2e cl. . .	*Comp. du ch. de fer de la Méditerranée.*
B		
Barré.	ing. ord. 2e cl. . .	*Congé illimité.*—Soc. des mines, usines et ch. de fer d'Autriche.
Baudinot ✻.	ing. ord. 1re cl. .	Grenoble, Div. sud-est. — Ch. de fer de Paris-Lyon-Méditerranée.
Bayle ✻.	ing. en ch. 2e cl. .	Cours à l'École des Mines et à l'École des Ponts et Chaussées.
Benoit.	Ing. ord. 2e cl. . .	Albi, div. sud-ouest.
Béral	ing. ord. 2e cl. . .	Turquie.
Bère ✻	ing. en ch. 2e cl.	Périgueux, Div. du Centre.
Bertera ✻.	ing. en ch. 1re cl.	*Cie des chem. de fer d'Orléans.*
Bertrand ✻.	élève hors de conc.	*École polytechnique.*
Bertrand (Marcel). . .	élève 2e cl.	École.
Billy (de) (C ✻). . .	insp. gén. 1re cl.	Cons. gén. des Mines. — Cons. de l'École.
Bochet ✻.	ing. en ch. 2e cl. .	Chambéry, div. sud-est.
Boilleau (*Gauldrée-*) (O ✻).	ing. ord. 2e cl. .	*Ministère des Affaires Étrangères.*
Bossey ✻	ing. en ch. 2e cl. .	Rennes, Div. nord-ouest et serv. sp.
Boureuille (de) (G O ✻)	insp. gén. 1re cl.	Secrét. général du Ministère, services généraux et des Mines.
Boutan.	élève 2e cl.	École.
Boutiron.	Elève 3e cl.	Ecole.
Braconnier.	ing. ord. 2e cl.. .	Nancy, Div. nord-est.
Brossard de Corbigny ✻	ing. ord. 2e cl.. .	Angers, Div. centre. — Ch. de fer de Napoléon-Vendée aux Sables-d'Olonne.
C		
Cacarrié ✻.	ing. en chef 1re cl.	École des mineurs de Saint-Étienne. — Ch. de fer de Montbrison; — de Paris-Lyon-Médit. (cont. des tr. et de l'expl.)
Callon (O ✻).	ing. en ch. 1re cl.	Cours à l'École des mines.
Carnot.	ing. ord. 2e cl.. .	Cours à l'École des mines. — Laboratoires.
Castel (O ✻).	ing. ord. 1re cl. .	Clermont, Div. du Centre.
Chancourtois (de) (C ✻)	ing en chef 1re cl.	Cours à l'École des Mines. Carte géologique de la France.

Noms des Ingénieurs.	Grades.	Services.
Chosson ✻.	Ing. ord. 2e cl. . .	Châlon, Div. nord-est et serv. sp.
Cizancourt (Méniolle de) ✻	Ing. ord. 1re cl . .	(F. f. d'ing. en ch.) Alais, Div. sud-est.
Clérault ✻.	Ing. ord. 3e cl. . .	Carte géologique de la France.
Cléry (Hanet-) ✻. . .	Ing. ord. 1re cl .	Paris, Ch. de fer du Nord, — de Ceinture autour de Paris.
Coince ✻.	Ing. ord. 2e cl. . .	*Cie des chemins de fer d'Orléans et pr.*
Combes (C ✻).	Insp. gén. 1re cl. .	Conseil général des Mines.—Direction de l'École des Mines.
Cornu.	Ing. ord. 3e cl. . .	École polytechnique.
Couche (O ✻).	Insp. gén. 2e cl. .	Réseau de Paris à la Méditerranée, etc.—Cours à l'École des Mines.
Cumenge ✻.	Ing. ord. 2e cl. .	*Congé illimité.*
Currières (de) de Castelnau.	Elève 3e cl.. . . .	Ecole.
D		
Daubrée (C ✻)	Insp. gén. 2e cl. .	DIVISION DU SUD-OUEST. — Cours à l'École des Mines.
Debette ✻.	Ing. ord. 1re cl.. .	Troyes, Div. nord-est.
Declerk ✻.	Ing. en chef 2e cl.	Valenciennes, div. nord-ouest.—Serv. sp. — Ch. de fer d'Anzin.
Delafond.	Ing. ord. 3e cl.. .	Privas, Div. sud-est.
Delaunay (O ✻). . . .	Ing. en chef 1re cl.	Cours à l'École polytechnique.
Delesse ✻.	Ing. en chef 2e cl.	Cours à l'École des Mines.
Demongeot.	Ing. ord. 3e cl. .	*Congé.*
Descos (Coulard) (O ✻)	Ing. ord. 1re cl. .	Paris, Div. nord-ouest.—Carrières de Paris.
Descottes ✻.	Ing. en chef 1re cl.	Machines à vapeur du dép. de la Seine.
Diday (O ✻).	Insp. gén. 2e cl. .	Paris. Chemin de fer du Nord, etc.
Dormoy ✻	Ing. ord. 1re cl. .	Tours, Div. du Centre.
Douvillé.	Ing. ord. 3e cl. . .	Carte géologique de la France.
Dubocq (O ✻).	Ing. en ch. 2e cl. .	Div. du nord-est.
Dubois.	Ing. ord. 1re cl. .	*Congé illimité.*
Duchanoy ✻.	Ing. ord 1re cl. .	Paris, ch. de fer de l'Ouest.
Dupont ✻.	Ing. en chef 1re cl.	I sp. et Cours à l'École des Mines.
Duporcq.	Ing. ord. 2e cl. . .	Valenciennes, Div. nord-ouest.
Durand de Grossouvre.	élève 2e cl.	École.
Du Souich (O ✻) . . .	Insp. gén. 2e cl. .	DIVISION DU NORD-OUEST.
E		
Esclaibes (d').	Elève 3e cl.	Ecole.
F		
Flajolot. ✻.	Ing. ord. 1re cl. .	Algérie, Bone.
François (O ✻). . . .	Insp. gén. 2e cl. .	DIVISION DU SUD-EST.
Freycinet (de) ✻. . .	Ing. ord. 1re cl. .	Serv. d'insp. du travail des enfants dans les manufactures. (Ministère de l'agriculture et du commerce).
Furiet ✻	Ing. en ch. 2e cl. .	Toulouse, Div. sud-ouest.
Fuchs (O ✻).	Ing. ord. 2e cl. . .	Cours à l'École des Mines. — Carte géologique de la France.
G		
Genouillac (de) (Du Verdier-)	Ing. ord. 2e cl. .	Rouen, Div. nord-ouest, et serv. sp.

Noms des Ingénieurs.	Grades.	Services.
Genreau ✻	Ing. ord. 3e cl. .	Pau, Division sud-ouest.
Gentil ✻	Ing. en ch. 1re cl .	Nantes, Div. centre.
Gonthier.	Ing. ord. 2e cl. .	Saint-Étienne, Div. centre.
Gouvenain (de) ✻. . .	Ing. ord. 1re cl. .	Moulins, Div. centre. — Ch. de fer d'Orléans et prolong.
Grüner (O ✻).	Insp. gén. 1re cl. .	Cons. gén. des Mines et cours à l'École.
Guillebot de Nerville (O ✻).	Ing. en ch. 1re cl.	Bordeaux, Division sud-ouest.
H		
Harlé (O ✻).	Insp. gén. 2e cl. .	DIVISION DU NORD-EST.
Haton de la Goupillière ✻	Ing. ord. 1re cl. .	Cours prép. pour les asp. aux places d'élèves externes à l'Ecole des M. — Ecole pol.
Henry.	Ing. ord. 3e cl.. .	Vesoul, Div. nord ouest, serv. spécial.
Heurteau.	Ing. ord. 3e cl.. .	Bourges, Div. du centre, serv. spécial.
Houpeurt ✻.	Ing. ord. 2e cl. . .	*Compagnie des mines de la Loire.*
Huyot ✻.	Ing. ord. 2e cl. . .	*Comp. des chemins de fer du Midi.*
I		
Ichon.	Ing. ord. 3e cl. . .	*Disponibilité.*
J		
Jacquot (O ✻)	Ing. en chef 1re cl.	Paris, Div. nord.-ouest. — Carrières de Paris.
Jausions ✻.	Ing. ord. 1re cl..	Rodez, Div. sud-ouest. — serv. sp.
Jordan.	Ing. ord. 2e cl. . .	Paris, Div. nord-ouest; carr. de Paris.
Juge.	Ing. ord. 1re cl. .	Nice, Div. sud-est.
Julien ✻.	Ing. ord. 1re cl.. .	Le Mans, Div. N.-O. — serv. spéc.
Jutier ✻.	Ing. ord. 1re cl . .	(F. f. d'ing. en chef) Châlon, div. Nord-Est, serv. spécial.
K		
Keller	Ing. ord. 2e cl. . .	
L		
Lachat.	Ing. ord. 2e cl. . .	Avignon, Div. sud-est. (Ch. de fer de Paris à la Médit. (c. de l'expl.)
Lamé Fleury ✻. . . .	Ing. en chef 2e cl.	Secrét. du conseil gén. des Mines.
Lan (O ✻).	Ing. ord. 1re cl. .	*Compagnie des forges de Commentry, etc.*
Langlois.	Ing. ord. 3e cl. .	Besançon, Div. nord-est.
Lapparent (de).	Ing. ord. 2e cl. .	Carte géologique générale de la France.
Laur ✻.	Ing. ord. 1re cl. .	Mission.
Le Bleu ✻.	Ing. ord. 1re cl. .	Paris, chem. de fer de l'Est.
Lechâtelier (O ✻). . .	Ing. en ch. 1re cl.	Mission scientifique. — Comm. des valeurs de douanes.
Ledoux.	Ing. ord. 2e cl. . .	Alais, Div. sud-est. — École des maîtres ouvriers mineurs. — Ch. de fer de Paris-Lyon-Méditerranée.

Noms des Ingénieurs.	Grades.	Services.
Lefébure de Fourcy (Eugène) (O ✻). . .	insp. gén. 2ᵉ cl. .	DIVISION DU CENTRE.
Leseure ✻	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	Rive-de-Gier, Div. centre. — Ch. de fer de Paris-Lyon-Méditerranée.
Le Verrier.	élève 2ᵉ cl.	École.
Lévy ✻.	ing. ord. 3ᵉ cl. . .	Paris, Div. du sud-ouest.
Liénard.	ing. ord. 2ᵉ cl. .	Amiens, Div. nord-ouest.— Ch. de fer du Nord.
Linder (✻ O).	ing. ord. 1ʳᵉ cl.. .	Bordeaux, Div. sud-ouest. — Ch. de fer du Midi — du Médoc.
Lorieux ✻.	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	Nantes, Div. centre. — Ch. de fer d'Orléans et prolong.
Luuyt (Labrosse-) ✻.	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	Lyon, Div. centre.—Ch. de fer de Paris à Lyon-Méditerranée.
M		
Mallard ✻.	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	École des mineurs de Saint-Étienne.
Martelet ✻	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	Paris.—Serv. des appareils à vapeur.
Massieu ✻.	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	Rennes, Div. nord-ouest. — Ch. de fer de l'Ouest.
Matrot.	ing. ord. 3ᵉ cl. .	Lille, Div. nord-ouest. — Ch. de fer du Nord.
Meissonnier ✻.	ing. en ch. 1ʳᵉ cl.	Marseille, Div. sud-est.
Meugy ✻	ing. en ch. 1ʳᵉ cl.	Troyes, Div. nord-est.
Meurgey.	ing. ord. 2ᵉ cl. . .	Ecole des mineurs de St-Etienne.
Mœvus ✻	ing. en ch. 1ʳᵉ cl. .	Algérie, Constantine.
Moissenet ✻.	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	Cours à l'École des Mines. — Direction des Laboratoires. — Commission des Annales des Mines.
Moutard.	ing. ord. 2ᵉ cl.. .	*Congé illimité.*
Mussy.	ing. ord. 2ᵉ cl.. .	*Compagnie des forges de Commentry.*
N		
Nivoit.	ing. ord. 3ᵉ cl.. .	Mézières, Div. nord-est.—Ch. de f. de l'Est.
Noblemaire ✻.	ing. ord. 1ʳᵉ cl.. .	*Cⁱᵉ des ch. de f. de Paris-Lyon-Méditer. (Direct. des ch. de fer algériens.)*
O		
Olry	élève 1ʳᵉ cl. . . .	Ecole.
Orsel (O ✻).	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	Paris, ch. de fer d'Orléans et prol.
P		
Parran ✻.	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	*Cⁱᵉ des mines de fer magnét. en Algérie*
Pelletan.	élève 3ᵉ cl.	Ecole.
Perrin.	ing. ord. 3ᵉ cl. . .	Chambéry, Div. sud-est. — Ch. de fer Paris-Lyon-Méditerranée.
Peschart d'Ambly ✻. .	ing. en ch. 2ᵉ cl.	Rodez, Div. sud-ouest et serv. spécial.
Peslin	ing. ord. 2ᵉ cl. . .	Tarbes, Div. sud-ouest.
Phillips ✻.	ing. en chef 2ᵉ cl.	Cours à l'Ecole des arts et manufactures. — École polytechnique.

Noms des Ingénieurs.	Grades.	Services.
Piérard (O ✻).	insp. gén. 1re cl. .	*Compagnie des ch. de fer de l'Ouest.*
Pigeon ✻.	ing. en chef 1re cl.	Clermont, Div. du Centre.
Potier ✻.	ing. ord. 2e cl.. .	Paris.— Carte géol. de la France. — Cours à l'École des Mines et à l'École polytech.
Pouyanne.	ing. ord. 1re cl. .	Algérie, Tlemcen.
R		
Regnault (C ✻).	ing. en ch. 1re cl.	Manuf. de Sèvres.— Service spécial. — École polytechnique.
Résal ✻.	ing. ord. 1re cl.. .	Nevers, ch. de fer de Paris à la Méditerranée. cont. de l'expl.
Rigaud.	ing. ord. 3e cl.. .	Chaumont, Div. nord-est.
Rocard ✻.	ing. ord. 1re cl. .	Algérie, Oran.
Roger ✻.	ing. en chef 2e cl.	Rouen, Div. du nord-ouest, serv. sp.
S		
Sauvage (C ✻).	ing. en ch. 2e cl.	*Compagnie des chemins de fer de l'Est.*
Sens ✻.	ing. ord. 1re cl. .	*Ce des usines métallurgiques de Marquise.*
Silhol	ing. ord. 3e cl. .	Limoges, Div. du Centre. — Ch. de fer des Charentes.
T		
Tissot	ing. ord. 2e cl. .	Algérie, Bathna.
Tournaire ✻.	ing. en ch. 2e cl.	Saint-Étienne, Div. du Centre.
Trautmann ✻.	ing. en ch. 2e cl. .	Dijon, Div. nord-est.
V		
Vassart (Cte de) d'Hozier ✻.	ing. ord. 1re cl. .	Administrat. centrale.— Ch. de Paris-Lyon-Méditerranée.
Vatonne ✻.	ing. ord. 1re cl. .	Algérie, Alger.
Vicaire.	ing. ord. 2e cl. . .	Saint-Étienne, École des mineurs.
Vieillard.	ing. ord. 2e cl.. .	Caen, Div. nord-ouest.—Ch. de f. de l'Ouest
Vieira.	ing. ord. 3e cl.. .	Vic-Dessos, Div. sud-est.
Ville (O ✻).	ing. en chef 1re cl.	Algérie, Alger.
Villié.	ing. ord. 2e cl. .	Dijon, Div. nord-est. — Serv. hyd. de la Côte d'Or. — Ch. de fer de Paris Lyon-Méditerranée.
Villot.	ing. ord. 1re cl. .	Marseille, Div. sud-est. — Ch. de fer de Paris-Lyon-Méditerranée.
Vital.	élève 1re cl. . . .	École.
Voisin (Armand). . . .	ing. ord. 3e cl. . .	Arras, Div. nord-ouest. — Service spécial.—Chemin de fer du Nord.
Voisin (Honoré). . . .	élève 2e cl.. . . .	École.
W		
Wickersheimer.. . . .	élève 3e cl.	École.
Worms de Romilly. . .	ing. ord. 2e cl. . .	Paris, appareils à vapeur de la Seine.
Z		
Zeiller.	ing. ord. 3e cl.. .	Secrétariat du Conseil général des Mines.

LISTE GÉNÉRALE ET ALPHABÉTIQUE DES GARDES-MINES.

Noms des Gardes-Mines.	Classes.	Résidences.	Services.
A			
Albert	1re cl.	Épinal	Vosges, serv. ord.
*Albin	3e cl.	Avignon	Ch. de fer de la Méditerranée.
Arragon	3e cl.	Bourges	Cher, serv. ordin.
*Auvergne	5e cl.	Constantine	Algérie.
B			
Barbry	3e cl.	Reims	Marne, serv. ord.
*Barnier	3e cl.	»	*Congé illimité* (S.-O.).
Barrier	4e cl.	Toulouse	Haute-Garonne, serv. ordin.
*Bertrand de Lom	3e cl.	»	*Congé illimité.*
*Blacher	1re cl.	Paris	Contrôle des chemins de fer de l'Est et embr.
*Blanpied	1re cl.	»	*Congé illimité.*
*Bonnaymé	2e cl.	»	Sans destination.
*Bonvin (Ant.)	1re cl.	Paris	Ch. de f. du Nord et ch. de Ceinture.
*Bonvin (Gust.)	3e cl.	Paris	Ch. de f. de l'Est.
Bougarel	2e cl.	»	*Congé illimité* (N.-O.).
Bourdon	2e cl.	Grenoble	Isère, serv. ordin. et ch. de fer du Dauphiné.
*Bouty	3e cl.	Oran	Algérie.
*Bouvier	4e cl.	Rennes	Ille-et-Vilaine, ch. de f. de l'Ouest.
Brossette	5e cl.	Vesoul	Haute-Saône, serv. ordin.
*Bustaire	5e cl.	Constantine	Algérie.
C			
Cadieu	3e cl.	Rennes	Ille-et-Vilaine, serv. ordin.
Canaly	1re cl.	Ajaccio	Corse, serv. ordin.
*Canelle	3e cl.	»	Ch. de fer du Nord.
*Carrey	4e cl.	»	*Congé illimité* (S. E.).
*Cazenave	3e cl.	Bordeaux	Gironde, s. o. — Ch. de f. du Midi.
Chabat	2e cl.	Paris	Seine, machines à vapeur.
Chalot	3e cl.	Luxeuil	Haute-Saône, serv. spéc. de l'établissem. thermal de Luxeuil.
Chevallot	3e cl.	Dijon	Côte-d'Or, serv. ordin.
*Clère	2e cl.	Paris	Ch. de fer de Paris à Lyon par la Bourgogne.
*Cluny	1re cl.	Paris	Ch. de fer d'Orléans.
Cœuilte	3e cl.	Arras	Pas-de-Calais, serv. ord. — Ch. de fer du Nord.

Nota. L'astérisque indique les Gardes Mines payés sur d'autres fonds que ceux du Personnel.

Noms des Gardes-Mines.	Classes.	Résidences.	Services.
*Cogniet.	2e cl.	»	*Congé illimité* (S.-E.).
*Collombat.	5e cl.	»	Sans destination (N.-E.).
*Costier..	3e cl.	Toulouse. . .	Ch. de fer du Midi.
*Cuvillier..	2e cl.	Paris.	Ch. de fer de l'Ouest.
D			
Delaissement.	3e cl.	Paris.	Service des appareils à vapeur.
*Devillers.	4e cl.	Oran.	Algérie.
*Doillon.	4e cl.	Dijon.	Côte-d'Or, ch. de fer de Paris à Lyon par la Bourgogne.
Dunkel.	2e cl.	Paris.	Service des appar. à vapeur.
*Durrbach.	1re cl.	Pau.	Chemins de fer du Midi.
E			
Espérandieu..	5e cl.	Aubin.. . . .	Aveyron, serv. ord.
*Estienvrot.	3e cl.	»	*Congé illimité* (N.-O.)
Étienne.	1re cl.	Metz.	Moselle, serv. ord.
F			
Fagot.	5e cl.	Paris. . . .	Carrière du départ. de la Seine.
Faugière ✻.	ppal.	Montluçon. .	Allier, serv. ordin. et ch. de fer d'Orléans et prolong.
*Feyte.	5e cl.	Béziers. . . .	Ch. de fer du Midi.
Fontaine..	3e cl.	Limoges . . .	Haute-Vienne, serv. ord.
Fopp.	4e cl.	Angers. . . .	Maine-et-Loire, serv. ord. — Ch. de fer de Napoléon-Vendée aux Sables-d'Olonne.
Fornier.	2e cl.	Caen.	Calvados, serv. ord. — Ch. de fer de l'Ouest.
Foucault.	4e cl.	Charleville.	Ardennes, serv. ordin.
*Fragonard..	ppal.	Paris.	Ch. de f. du Nord et ch. de Ceinture.
Froissardey.	5e cl.	Chaumont . .	Haute-Marne, serv. ord.
G			
*Gabriel.	1re cl.	»	
Gardes.	4e cl.	St-Michel.. .	Savoie, serv. ordin.
*Garreau.	4e cl.	Alais.	École des maîtres ouv. mineurs.
Gayet.	1re cl.	Grenoble. . .	Isère, serv. ord.
Gérard..	2e cl.	Epernay.. . .	Marne, *disponibilité* (N.-E.).
*Gibert.	4e cl.	»	*Congé illimité* (N.-O.).
*Gilly..	4e cl.	la Tour du Pin	Isère, serv. ord. et serv. spéc.
Goddard.	4e cl.	Chambéry . .	Savoie, serv. ordin. et ch. de fer.
*Golembiowski.	1re cl.	»	*Congé illimité.*
*Grandière.	5e cl.	»	*Congé illimité* (N.-O.).
*Guèze.	4e cl.	Tours.	Indre-et-Loire, serv. ordin.— Ch. de fer d'Orléans.
*Guillet.	4e cl.	»	*Congé illimité* (N.-E.).

Noms des Gardes-Mines.	Classes.	Résidences.	Services.
H			
Halipré	2e cl.	Rouen	Seine-Infér., serv. ord.
Heuret	1re cl.	Chalon	Saône-et-Loire, serv. ord. — Ch. de fer de Creot.
*Huguenin	5e cl.	Pau	Basses-Pyrén., ch. de fer du Midi.
*Hurlaut	5e cl.	»	*Congé illimité* (N.-E.).
*Huvé	2e cl.	»	*Congé illimité* (N.-O.).
J			
Jeannin	5e cl.	Angoulême	Charente, serv. ord.
*Jedlinski	ppal.	Paris	Carte géol. de la France.
Jurkowski	1re cl.	St-Quentin	Aisne, serv. ord.
Jusseraud ✻	ppal.	Brassac	Puy-de-Dôme, serv. ordin.
Jourdan	3e cl.	Guéret	Creuse, s. ord. — Ch. de fer d'Orléans.
K			
*Kaiser	2e cl.	Paris	Ch. de fer de Paris à Lyon par Nevers.
Koss ✻	ppal.	Saint-Étienne	Loire, serv. ord.
L			
*Labeyrie (Léon)	3e cl.	Paris	Ch. de fer de l'Est et embr.
*Labeyrie (Adolphe)	3e cl.	Epernay	Ch. de fer de l'Est et embr.
*Lacombe ✻	2e cl.	»	*Congé illimité* (C.).
Lafont	5e cl.	Valenciennes	Nord, serv. ord. — Serv. sp. — Ch. de fer du Nord.
*Lantz	4e cl.	»	*Congé illimité.*
*Laplanche	ppal.	Paris	Ch. de fer d'Orléans et prol.
*Larcade	4e cl.	Bordeaux	Gironde, ch. de fer du Midi et de Béziers.
Laurent	ppal.	Paris	Seine, machines à vapeur.
*Lavé	3e cl.	Rive-de-Gier	Loire, serv. ord. — Ch. de fer de Paris à Lyon, par Nevers.
Lebas	1re cl.		
*Lecomte	5e cl.	Marseille	Bouches-du-Rhône, serv. ord. — ch. de fer de Paris-Lyon-Médit.
Lefèvre	5e cl.	Lille	Nord, serv. ordin.
*Letenneur	5e cl.	»	*Congé illimité.* (S.-E.)
*Lévy ✻	1re cl.	Paris	*Congé ill.*, mines de St-Arnold-l'Hôpital (Moselle) (N.-E.).
*Lussac	4e cl.	Alger	Algérie.
M			
*Magnon	2e cl.	Alais	Gard. École des maîtres-ouv. min.
Maigret	5e cl.	Mézières	Ardennes, ch. de fer de l'Est.
*Maintenon	4e cl.	»	*Congé illimité.* (S.-E.)
Maire	3e cl.	Marseille	Bouches-du-Rhône, serv. ordin.
Mairey	4e cl.	St-Étienne	Loire, serv. ord.
Makowiecki	ppal.	Meaux	Seine-et-Marne, serv. ord.
Malplat	5e cl.	Rive-de-Gier	Loire, serv. ordin.

Noms des Gardes-Mines.	Classes.	Résidences.	Services.
* Mauglier.	5e cl.	Sem.	Ariége, s. o. et mines de Rancié.
* Martin (Adrien). . . .	1re cl.	»	*Congé illimité* (N.-O.).
* Martin (Alexandre). .	5e cl.	»	*Congé illimité* (N.-O.).
Martine.	2e cl.	Périgueux . .	Dordogne, serv ord. et ch. de fer d'Orléans et prol.
** Massin.	3e cl.	Clermont. . .	Puy-de-Dôme, serv. ord. et ch. de fer de Paris à Lyon par Nevers.
Mercanton.	2e cl.	»	Haute Savoie, *disponibil.* (S.-E.)
* Mercier.	3e cl.	»	*Congé illimité* (S.-E.).
Mermillod.	5e cl.	Annecy. . . .	Haute-Savoie, serv. ordin.
Minisclouz.	3e cl.	Paris.	Seine, serv. des machines à vap.
Mittre.	1re cl.	Alais.	Gard, serv. ord. et ch. de fer de Lyon à la Méditerranée.
Miziewicz.	1re cl.	Avignon . . .	Vaucluse, serv. ordin.
* Mœvus.	pp^al.	Oran.	Algérie.
Munier.	3e cl.	Alais.	Gard, serv. ord.
N			
Nibourel.	3e cl.	Rouen. . . .	Seine-Inférieure, serv. ordin.
Noël.	2e cl.	Bordeaux. . .	Gironde, serv. ord.
O			
Ogier.	3e cl.	Lyon.	Rhône, serv. ordin. — Ch. de fer de la Croix-Rousse, etc.
P			
* Pagès.	4e cl.	»	*Congé illimité*, usines de Ria (Pyrénées-Orientales) (S.-O.).
Pénélon.	5e cl.	Le Mans. . .	Sarthe, serv. ord.
Pesteland.	1re cl.	Troyes. . . .	Aube, serv. ord.
* Pesez.	4e cl.	Alger.	Algérie.
* Picard.	· cl.	»	*Congé illimité* (N.-E.).
* Pichart.	4e cl.	Oran	Algérie.
* Platon.	5e cl.	»	*Congé illimité.*
* Pomel.	2e cl.	Oran.	Algérie.
Pondruel.	5e cl.	Briançon. . .	Hautes-Alpes, serv. ordin.
Préchey.	5e cl.	Bourbonne-les-Bains. .	Haute-Marne, serv. ordin.
Précorbin (de).	4e cl.	»	Seine, serv. ordin.
R			
Raphanel.	2e cl.	Saint-Étienne.	Loire, serv. ord.
Repelin.	3e cl.	Saint-Étienne.	Ch. de f. de Paris à Lyon p. Nevers.
Rouët.	2e cl.	Montpellier. .	Hérault, serv. ordin.
Roulier.	pp^al.	Paris.	Ch. de fer de l'Ouest.
Roy.	2e cl.	»	*Congé illimité.*

Noms des Gardes-Mines.	Classes.	Résidences.	Services.
*Royer.	2ᵉ cl.	»	*Congé illimité* (C.).
*Ronzaud (Gaspard). .	4ᵉ cl.	»	*Congé illimité*, mines de la soc. métallurg. de l'Ariége (S.-O.).
Ronzaud (Calixte. . .	4ᵉ cl.	Arles-s-Tech.	Pyrénées-Orientales, serv. ord.
S			
Salzard.	3ᵉ cl.	Joinville. . .	Haute-Marne, serv. ordin.
*Sarran.	5ᵉ cl.	Lyon.	Rhône, serv. ordin. — Surv. des bateaux à vapeur. — Ch. de fer de Paris-Lyon-Médit.
Savreux.	4ᵉ cl.	Amiens. . . .	Somme, serv. ord. — Ch. de fer du Nord.
Savy.	4ᵉ cl.	»	Nièvre, serv. ordin.
*Schmidt.	1ʳᵉ cl.	»	»
Simonin.	5ᵉ cl.	»	*Congé illimité* (S.-E.).
Soudan.	4ᵉ cl.	Le Creuzot. .	Saône-et-Loire, serv. ordin.—Ch. de fer du Creuzot.
*Soyez (Charles). . . .	2ᵉ cl.	Lille	Ch. de fer du Nord.
*Soyez (Victorin). . . .	4ᵉ cl.	Paris.	Ch. de fer du Nord.
T			
Thirion.	5ᵉ cl.	Bar-le-Duc. .	Meuse, serv. ordin.
Thomas (Alexandre).	2ᵉ cl.	Privas	Ardèche, serv. ord.—Ch. de fer du Nord.
Thomas (François). .	5ᵉ cl.	Albi	Tarn, serv. ord.
Thouvenin.	1ʳᵉ cl.	Paris.	Seine-et-Oise, serv. ord.
*Toulza.	2ᵉ cl.	Lyon.	Ch. de fer de Lyon à la Médit.
Tourneur.	4ᵉ cl.	Paris.	Seine, serv. des appareils à vapeur.
U			
Urbain.	2ᵉ cl.	Versailles. . .	Seine-et-Oise, serv. ord.
V			
*Vallet.	1ʳᵉ cl.	Paris.	Ch. de f. de Paris à Lyon par Dijon.
Vassal ✻.	2ᵉ cl.	Besançon. . .	Doubs, serv. ord.
Vitoux.	2ᵉ cl.	Nancy.	Meurthe, serv. ord.
Vivien.	2ᵉ cl.	Nantes. . . .	Loire-Inf., serv. ord. et ch. de fer d'Orléans.
W			
*Weill.	5ᵉ cl.	»	*Congé illimité* (N.-O.).
*Wolski.	ppᵃˡ.	Nantes. . . .	Loire-Inférieure, ch. de fer d'Orléans et prolongem.
Y			
Yvart.	3ᵉ cl.	Rennes. . . .	Ille-et-Vilaine, serv. ordin.
Z			
*Zerling.	3ᵉ cl.	Paris.	Ch. de f. de Paris à Lyon par Dijon.

Inspecteurs généraux honoraires.

MM.

Michel Chevalier (G O ✻), *Membre de l'Institut.*

Le Play (G O ✻).

INGÉNIEURS DES MINES EN RETRAITE.

Noms.	Grades.	Noms.	Grades.
MM.		MM.	
Blavier (O ✻)	insp. général.	Levallois (C ✻)	insp. général.
Boudousquié (O ✻)	ing. en chef.	Manès ✻	ing. en chef.
Burdin ✻	ing. en chef.	Marrot (O ✻)	insp. général.
Drouot (O ✻)	ing. en chef.	Sagey	ingén. ordin.
Élie de Beaumont (G O ✻)	insp. général.	Thibaud (O ✻)	ing. en chef.
Fournel (C ✻)	insp. général.	Transon ✻	ing. en chef.
Gras ✻	ing. en chef.	Vène (O ✻)	insp. général.
Lefebvre	ing. en chef.	Villeneuve (de) ✻	ing. en chef.

VEUVES D'INGÉNIEURS PENSIONNÉES.

Noms.	Grades des Maris.	Noms.	Grades des Maris.
Mesd.		*Mesd.*	
Allou	ing. en ch. dir.	Gabe	ing. en chef.
Aubuisson (d')	ing. en chef.	Gallois (de)	ing. en chef.
Baillet	ing. en chef.	Garnier	insp. génér.
Barrot	ingén. ordin.	Gueymard	ing. en chef.
Baudin	inspect. génér.	Hennezel (de)	insp. génér.
Bonnard (de)	inspect. génér.	Juncker	insp. génér.
Boucheporn (de)	ing. en chef.	Lorieux	insp. génér.
Champeaux-Saucy (de)	ing. en chef.	Moisson-Desroches	ing. en chef.
Cordier	inspect. génér.	Parrot	ingén. ordin.
Dufrénoy	inspect. gén.	Roussel-Galle	ing. en chef.
Ebelmen	ing. en chef.	Sentis	ing. en chef.
Furgaud	ing. en chef.	Varin	ing. en chef.

LOIS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT LES MINES, USINES, LES CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

JUILLET ET AOUT 1871.

Décret du 9 *août* 1870 (*), *portant concession au sieur* Jules ADAM, *maître de forges à Chamouilly, près Saint-Dizier* (*Haute-Marne*), *et à la* SOCIÉTÉ DU CLOS MORTIER, *constituée par acte passé devant* Me ÉVRARD, *notaire à Saint-Dizier, le* 27 *novembre* 1863, *ayant son siége à Saint-Dizier et pour raison sociale* SIMON, LEMUT, ET COMP., *de mines de fer hydroxydé oolithique, situées dans les communes de* NEUVES-MAISONS, CHAVIGNY *et* MESSEIN, *arrondissement de* Nancy, *département de la* Meurthe.

(EXTRAIT.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *Concession de la Fontaine des Roches*, est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une droite partant du clocher de Chavigny, point S, et dirigée sur le clocher de Ludres, en l'arrêtant à sa rencontre avec la lisière ouest du bois communal du Chatel, point P. Cette droite SP fait partie de la limite sud de la concession de Chavigny, instituée par décret du 16 juin 1856;

A l'est, par une deuxième droite partant du point P, passant par la borne kilométrique 4k,5 du chemin de grande communication no 10 de Flavigny à Toul, et arrêtée à sa rencontre R avec une troisième droite joignant le point T, où la rive droite de la Moselle est rencontrée par la limite séparative des communes de Messein

(*) Ce décret n'a pu être inséré à sa date par suite des événements qui n'ont pas permis d'en faire la notification avant le mois de juillet 1871.

et Neuves-Maisons à celui où la même rive est rencontrée par une droite menée par les clochers de Ludres et de Messein;

Au sud, par la droite RT qui vient d'être définie;

A l'ouest, par une quatrième droite partant du point T et aboutissant au clocher de Chavigny, point S de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 1 kilomètre quarré, 86 hectares.

Art. 5. Les droits attribués aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de 0f,10 par hectare de terrain compris dans la concession.

Art. 11. Les concessionnaires seront tenus, conformément à l'article 7 de la loi du 27 avril 1838, de désigner, par une déclaration authentique faite au secrétariat de la préfecture, celui d'entre eux ou toute autre personne à qui ils auront donné les pouvoirs nécessaires pour correspondre, en leur nom, avec l'autorité administrative et, en général, pour les représenter vis-à-vis de l'administration, tant en demandant qu'en défendant.

Arrêté du chef du pouvoir exécutif de la République française, du 21 juillet 1871, portant extension de la concession houillère de BOSMOREAU, *arrondissement de* Bourganeuf, *département de la* Creuse.

(EXTRAIT.)

Art. 1er. Il est accordé au sieur *François-Léonard-Louis-Émile* POUYAT, négociant, demeurant à Limoges, comme extension de la concession houillère de *Bosmoreau*, instituée par ordonnance du 19 juillet 1826, un espace de 60 hectares, limité :

Au nord-est, par la limite sud-ouest de la concession primitive, formée d'une ligne brisée allant de l'angle nord-est de la maison Brousse, village de Bétoulle, au clocher Bosmoreau, et de ce clocher à l'angle occidental du principal bâtiment de l'ancienne abbaye du Palais;

A l'est, par le prolongement de la ligne droite allant de l'angle nord-est de la maison André Bouteille, village de Manchier, à l'angle occidental ci-dessus mentionné, ledit prolongement mesurant 700 mètres;

Au sud-ouest, par une droite menée de l'extrémité de ce même prolongement à la maison Brousse, point de départ.

Art. 2. Cet espace sera réuni à la concession de BOSMOREAU, pour ne faire avec elle qu'une seule et même concession qui sera limitée, conformément au plan annexé au présent arrêté, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une ligne brisée menée de l'angle oriental de la grange Desmargues, village du Pommier, vers la croix de Mancry, et de cette croix à l'angle sud-est de la maison Antoine Bresson, village de Rapissat;

A l'est, par une ligne allant de ce dernier point à l'angle nord-est de la maison André Bouteille, village de Manchier, et une autre ligne allant de ce dernier angle vers l'angle occidental du principal bâtiment de l'ancienne abbaye du Palais et prolongée de 700 mètres, au delà de ce dernier angle, jusqu'en un point marqué A sur le plan;

Au sud-ouest, par une droite menée dudit point A à l'angle nord-est de la maison Brousse, village de Bétoulle;

A l'ouest, par une ligne menée de ce dernier point à l'angle oriental de la grange Desmargues, village du Pommier, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 664 hectares.

Art. 4. Les droits attribués aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de 0f,05 par hectare de terrain compris dans la concession.

Art. 11. Il y aura particulièrement lieu à l'exercice de la surveillance de l'administration des mines, en exécution des articles 47, 49 et 50 de la loi du 21 avril 1810, et du titre II du décret du 3 janvier 1813, si la propriété de la concession vient à être transmise d'une manière quelconque à une autre personne par le concessionnaire. Ce cas arrivant, le nouveau propriétaire de la concession sera tenu de se conformer exactement aux conditions prescrites par le présent arrêté et par le cahier des charges y annexé. Dans le cas où la concession serait transmise à une société, celle-ci sera tenue de se conformer à ce qui est exigé par l'article 7 de la loi du 27 avril 1838, sous peine de l'application, s'il y a lieu, des mesures prescrites par ce même article et des dispositions des articles 93 et suivants de la loi du 21 avril 1810.

Arrêté du chef du pouvoir exécutif de la République française, du 4 août 1871, *portant extension de la concession des mines de lignite de* LA CHAPELLE-PÉCHAUD, *département de la* Dordogne.

(EXTRAIT.)

Art. 1er. Il est fait concession aux sieurs *Ludovic* DE CHAUNAC, *Amédée* DE BOYSSON et *Charles* DE LAVERRIE des mines de lignite comprises dans un périmètre s'étendant sur les communes de LA CHAPELLE, de CLODECH, de LYRIVES, de VEYRINES et de CARVES, arrondissement de *Sarlat*, département de la *Dordogne*, et limité ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord-est, par deux lignes droites, la première joignant l'angle sud-ouest de la maison de Jean Pasquet, située plaine du Truc, et portant le n° 1.224, section B, du plan cadastral de Veyrines, au clocher de cette commune; la seconde reliant ce clocher à l'angle sud-est de la maison Pierre Salesson, dans le village de Gouges;

Au nord, par une ligne droite menée dudit angle de la maison Salesson au point d'intersection du chemin de grande communication n° 16 et des chemins de la Malvie à Neufons;

A l'ouest, par deux lignes droites, la première partant dudit point d'intersection et aboutissant à l'angle nord-ouest de la maison Delpeyrat, sise à Rauffet, section A du plan cadastral de la Chapelle-Péchaud;

Au sud-ouest et *au sud*, par les deux lignes droites qui forment les limites ouest et nord de la concession instituée, au profit des demandeurs, par décret du 23 février 1867, et dont l'une aboutit à l'angle nord-est de la maison Delpeyrat et l'autre à l'angle sud-ouest de la maison Jean Pasquet, point de départ de l'extension de périmètre.

Le périmètre ainsi défini comprend une étendue superficielle de 407 hectares.

Art. 2. Le périmètre ci-dessus indiqué est réuni à la concession instituée par décret du 23 février 1867, qui, tout en conservant le nom de *Concession de la Chapelle-Péchaud*, se trouve désormais délimitée ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord-est, par deux lignes droites, la première joignant l'angle sud-ouest (N) de la maison de Jean Pasquet, située à la plaine du Truc et portant le n° 1.224, section B, du plan cadastral de Veyrines, au clocher (B) de cette commune; la seconde reliant ce dernier

point à l'angle sud-est (C) de la maison de Pierre Salesson, dans le village de Gouges;

Au nord, par une ligne droite menée dudit angle sud-est de la maison de Pierre Salesson au point (D) d'intersection du chemin de grande communication n° 16 et des chemins de la Malvie à Merle et de la Malvie à Neufons;

A l'ouest, par trois lignes droites, la première partant du point d'intersection (D) qui vient d'être désigné et aboutissant à l'angle nord-ouest (E) de la grange de la Bidoune, commune de Carves; la seconde allant de ce dernier angle à l'angle est (T) de la maison Delpeyrat, sise à Rauffet, section A du plan cadastral de la Chapelle-Péchaud; la troisième tirée de ce point (T) à l'angle nord-est (S) de la maison Jean Cros, sise à la Paillotte et portant le n° 455 au plan cadastral de Saint-Laurent-de-Castelnaud;

Au sud, par deux lignes droites, la première tirée du point (S) ci-dessus à l'angle nord (R) de la maison Jacques Lafou, sise à Laumède, et portant le n° 691, section A, du plan cadastral de Saint-Laurent-de-Castelnaud; la deuxième tirée de ce point (R) à l'angle nord (Q) de la maison Guillaume Rougier, sise à Boissac et portant le n° 632, section A du même plan cadastral;

Au sud-est, par une ligne droite du dernier point ci-dessus (Q) à l'angle nord-ouest (P) de la maison Pierre Calès, n° 724, section C, du plan cadastral, au lieu de la Tuilerie;

A l'est, par deux lignes droites, la première tirée du dernier point (P) ci-dessus à l'angle sud-ouest (O) de la maison de la veuve Delmond, sise aux Escaliers, et portant le n° 369, section B, du plan cadastral de la Chapelle-Péchaud; la deuxième menée de ce dernier point au point de départ (N);

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 8 kilomètres quarrés, 44 hectares, 75 ares.

Art. 4. Les droits attribués aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de 0f,10 par hectare de terrain compris dans la concession.

Art. 11. Il y aura particulièrement lieu à l'exercice de la surveillance de l'administration des mines, en exécution des articles 47, 49 et 50 de la loi du 21 avril 1810 et du titre II du décret du 3 janvier 1813, si la propriété de la concession vient à être transmise d'une manière quelconque à une autre personne. Ce cas arrivant, le nouveau propriétaire de la concession sera tenu de se conformer exactement aux conditions prescrites par le présent arrêté et par le cahier des charges y annexé.

Dans le cas où la concession serait transmise à une société, celle-ci sera tenue de se conformer à ce qui est exigé par l'article 7 de la loi du 27 avril 1838, sous peine de l'application, s'il y a lieu, des mesures prescrites par ce même article et des dispositions des articles 93 et suivants de la loi du 21 avril 1810.

PERSONNEL.

ARRÊTÉS ET DÉCISIONS RELATIFS AU PERSONNEL DES MINES.

JUILLET ET AOUT 1871.

DÉCRETS DU GOUVERNEMENT DE LA DÉFENSE NATIONALE ET ARRÊTÉS DU CHEF DU POUVOIR EXÉCUTIF DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

Ont été promus ou nommés dans l'ordre national de la Légion d'honneur (*) :

Au grade d'officier.

7 *février* 1871. —	MM. Lan,	ingénieur ordinaire de	1re classe.
Idem. . . . . . —	Orsel,	*idem*.	*idem*.
7 *mars*. . . . . —	Castel,	*idem*.	*idem*.
Idem. . . . . . —	Linder,	*idem*.	*idem*.
27 *juilllet*. . . —	Fuchs,	*idem*.	2e classe.

Au grade de chevalier.

7 *mars*. —	MM. Chosson,	ingénieur ordinaire de	2e classe.
7 *mai*. . —	Matrot,	*idem*.	3e classe.
24 *juin*. . —	M. Lévy (Michel),	*idem*.	*idem*.
15 *juillet*. —	Genreau,	*idem*.	*idem*.
27 *juillet*. —	M. Aguillon,	*idem*.	*idem*.
Idem. . . —	Potier,	*idem*.	2e classe.

(*) Quelques-unes de ces promotions ou nominations avaient été omises dans les précédentes livraisons.

DÉCISIONS MINISTÉRIELLES.

28 *juin* 1871. — Le service de contrôle de l'exploitation de la section de Lourdes à Pierrefitte est arrêté de la manière suivante :

. . . .

M. Genreau, ingénieur ordinaire.

5 *juillet* 1871. — M. Benoît, ingénieur ordinaire de 2e classe, sera chargé du sous-arrondissement minéralogique d'Albi, en remplacement de M. Aguillon, précédemment appelé à un autre poste.

13 *juillet* 1871. — M. Zeiller, ingénieur ordinaire de 3e classe, sera attaché temporairement au secrétariat du conseil général des mines, en remplacement de M. Douvillé.

Idem. — M. Heurteau, ingénieur ordinaire de 3e classe, sera chargé du sous-arrondissement minéralogique de Bourges, en remplacement de M. Ichon, précédemment appelé à un autre poste.

Idem. — M. Henry, ingénieur ordinaire de 3e classe, sera chargé du sous-arrondissement minéralogique de Vesoul, en remplacement de M. Choulette, décédé.

20 *juillet* 1871. — M. Lefébure de Fourcy, inspecteur général de 2e classe, est nommé membre de la commission chargée de vérifier les comptes de premier établissement des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, en remplacement de M. de Hennezel, décédé.

Idem. — M. Lefébure de Fourcy, inspecteur général de 2e classe, est nommé membre de la commission chargée de vérifier les comptes de premier établissement des chemins de fer du Midi, en remplacement de M. de Hennezel, décédé.

31 *août* 1871. — L'ensemble du réseau des chemins de fer de l'Est sera réparti en trois arrondissements d'ingénieurs des mines :

1er arrondissement. — Résidence : Paris. — M. Lebleu, ingénieur ordinaire.

2e arrondissement. — Résidence : Mézières. — M. Nivoit, ingénieur ordinaire.

3e arrondissement. — Résidence : Nancy. — M. Keller, ingénieur ordinaire.

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT LES MINES, USINES, LES CHEMINS DE FER
EN EXPLOITATION, ETC.

SEPTEMBRE ET OCTOBRE 1871.

Arrêté de M. le chef du pouvoir exécutif de la République française, en date du 30 août 1871, réglant les attributions des ministères des travaux publics et de l'agriculture et du commerce, en matière d'eaux minérales.

(EXTRAIT.)

Art. 1er. Le ministre de l'agriculture et du commerce reste chargé de l'administration des établissements d'eaux minérales appartenant à l'État.

Il est chargé de l'instruction des demandes en autorisation d'exploitation pour l'usage médical des sources d'eaux minérales et des décisions à prendre sur ces demandes;

De l'instruction des demandes en déclaration d'intérêt public et en fixation du périmètre de protection, ainsi que de la préparation ou du contre-seing des décisions du chef du pouvoir exécutif statuant sur ces demandes;

De la constatation des produits des établissements thermaux privés et de la détermination par arrêté des frais d'inspection et de surveillance, mis respectivement à la charge de chacun d'eux.

Art. 2. Les ingénieurs et le conseil général des mines continueront d'exercer, sur l'initiative du ministère de l'agriculture et du commerce et sous l'autorité du ministère des travanx publics, pour l'instruction des affaires énoncées à l'article 1er ci-dessus, les attributions qui leur sont conférées par la loi du 14 juillet 1856 et par les décrets rendus pour l'exécution de cette loi.

Arrêté de M. le chef du pouvoir exécutif de la République française, du 30 août 1871, portant concession aux sieurs François BÉRENGER *et* Laurent FAURE *de mines de cuivre et autres métaux connexes, situées dans la commune de* Saint-Étienne, *arrondissement de* Puget-Théniers, *département des* Alpes-Maritimes.

(EXTRAIT.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de concession de Clay, est limitée, conformément au plan annexé au présent arrêté, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord-est, par la ligne droite AR menée du point A, confluent du ravin des Gourys avec la Tinée, au point R, confluent des deux vallons de Reculayas et de Balay, dont la jonction forme le vallon de Clay;

Au sud-est, par la rive droite du vallon de Clay, depuis le point R ci-dessus défini jusqu'au point S, confluent de ce cours d'eau et de la Tinée;

Au sud-ouest, par la rive gauche de la Tinée comprise entre ledit confluent S et le point H, culée N.-E. du pont sur la Tinée, dénommé le pont haut;

Au nord-ouest, par la rive gauche de la Tinée, à partir de la culée H susindiquée, jusqu'au point de départ A;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 2 kilomètres quarrés, 4 hectares.

Art. 4. Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 août 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une rente annuelle de $0^f,05$ par hectare de terrain compris dans la concession.

Loi du 7 septembre 1871, qui rattache au département de la Meurthe les territoires du département de la Moselle restés à la France, et donne au département de la Meurthe le nom de Meurthe-et-Moselle.

(EXTRAIT.)

Art. 1er. Les territoires restés à la France qui dépendaient du département de la Moselle forment un arrondissement dont le chef-lieu est fixé à Briey, et qui sera rattaché provisoirement au département de la Meurthe.

Art. 2. Le département de la Meurthe portera provisoirement le nom de *Meurthe-et-Moselle*.

Extrait de la convention additionnelle au traité de paix entre la France et l'Allemagne, signée le 12 octobre 1871.

. . . .

Art. 1er. Les produits fabriqués dans l'Alsace-Lorraine seront admis en France aux conditions ci-après fixées :

1° Du 1er septembre au 31 décembre de la présente année, franchise de tout droit de douane.

2° Du 1er janvier au 30 juin 1872, un quart, et du 1er juillet de la même année au 31 décembre 1872, moitié des droits qui sont ou pourront être appliqués à l'Allemagne en vertu du traitement de la nation la plus favorisée, lequel lui a été concédé par le traité de paix.

. . . .

Art. 2. Dans le cas où les impôts nouveaux seraient établis en France sur les matières premières et sur les matières tinctoriales entrant dans la composition ou la fabrication des produits originaires de l'Alsace-Lorraine, des suppléments de droits seront établis sur ces mêmes produits à titre de compensation des charges nouvelles qui pèsent sur les fabricants français.

Art. 3. Les produits français, tels que fontes, fers en barre et en tôle, fils et tissus de coton, fils ou tissus de laine et autres produits de même nature destinés à recevoir un complément de main-d'œuvre dans l'Alsace-Lorraine, seront admis en franchise de droits de douane dans lesdits territoires cédés, et placés sous le régime de l'admission temporaire, tel qu'il est réglé par la législation allemande.

Art. 4. Les produits fabriqués dans les conditions indiquées par l'article 3 devront, à leur réimportation en France, acquitter, sur la base du droit applicable aux produits fabriqués en Alsace-Lorraine, la quotité afférente au supplément de travail reçu dans les territoires cédés.

Décret du président de la République française, du 21 *octobre* 1871, *portant que la redevance proportionnelle à payer par la compagnie concessionnaire des mines de houille de Brisay (Pas-de-Calais), pendant les années* 1870, 1871, 1872, 1873 *et* 1874, *est fixée, sous forme d'abonnement, à la somme de* 3.973f,80, *en principal, par année.*

Décret du président de la République française, du 25 *octobre* 1871, *portant que la redevance proportionnelle à payer par les concessionnaires de la mine de houille de Terrenoire (Loire), pendant les années* 1870, 1871, 1872, 1873 *et* 1874, *est fixée, sous forme d'abonnement, à la somme de* 11.081f,43, *en principal, par année.*

PERSONNEL.

ARRÊTÉS ET DÉCISIONS RELATIFS AU PERSONNEL DES MINES.

SEPTEMBRE ET OCTOBRE 1871.

ARRÊTÉ DU CHEF DU POUVOIR EXÉCUTIF.

30 *août* 1871. — Sont nommés élèves-ingénieurs de 3ᵉ classe, les élèves de l'École polytechnique, dont les noms suivent :
M. Sauvage (Édouard-Louis-Auguste),
M. Lodin (Arthur-Jean-Baptiste-Théodore-Édouard),
M. Le Chatelier (Henry-Louis),
M. Lourde-Rocheblave (François-Albert).

DÉCRET.

20 *septembre* 1871.—Est acceptée la démission de M. d'Esclaibes (Robert-Édouard-Antoine-Joseph), élève ingénieur de 3ᵉ classe.

DÉCISION MINISTÉRIELLE.

14 *octobre* 1871. — Par décision de M. le ministre de l'instruction publique, M. Regnault, ingénieur en chef de 1ʳᵉ classe, directeur de la manufacture de porcelaines de Sèvres, professeur à l'École polytechnique, a été admis à faire valoir ses droits à la retraite.

LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS

CONCERNANT LES MINES, USINES, LES CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION, ETC.

NOVEMBRE ET DÉCEMBRE 1871.

Décret du président de la République française, du 4 novembre 1871, portant acceptation de la renonciation des sieurs LEROLLE *à la concession de* PEYRUL *et* TAURELLE, *département du* Var.

(EXTRAIT.)

Art. 1er. Est acceptée la renonciation des sieurs Timothée, Léon et Louis Lerolle et de la dame Céline Lerolle (femme Escudier) à la concession des mines de lignite de Peyrul et Taurelle, commune de Saint-Zacharie, département du Var, instituée par ordonnance royale du 19 mai 1834.

Art. 2. Ladite concession est, en conséquence, et demeure affranchie, à partir du présent décret, des redevances établies en conformité de la loi du 21 avril 1810 et du décret du 6 mai 1811.

Art. 3. Les droits des tiers sont et demeurent expressément réservés.

Décret du président de la République francaise, du 20 novembre 1871, portant que la redevance proportionnelle à payer par la compagnie des mines réunies de GRAISSESSAC (*département de* l'Hérault) *est réglée sous forme d'abonnement, pendant les années* 1870, 1871, 1872, 1873 et 1874 :

1° Pour la concession de Saint-Gervais, à la somme de 4.946f,46, en principal, par année ;

2° Pour la concession de Boussagues, à la somme de 5.467f,14, en principal, par année.

Décret du président de la République française, du 24 novembre 1871, portant modification des limites de la concession des mines d'anthracite de SAINT-MARTIN DE QUEYRIÈRES (Hautes-Alpes).

(EXTRAIT.)

Art. 1er. Est acceptée la renonciation des propriétaires de la concession des mines d'anthracite de Saint-Martin de Queyrières, instituée par ordonnance du 16 décembre 1834, aux deux portions de ladite concession comprises dans les limites ci-après définies, commune de Saint-Martin de Queyrières, arrondissement de Briançon, département des Hautes-Alpes.

PREMIÈRE PARTIE. — *Au sud-est*, par la crête de la montagne dite de Testa, à partir du sommet du pic dit le Grand-Puy, point G du plan, jusqu'au pic de Loréon, point H du plan;

Au sud-ouest, à partir dudit point H, par une ligne droite allant au pont de Rif-faure, point A, ladite droite arrêtée au point R, anneau de fer scellé dans le rocher, sur la limite des communes de Saint-Martin de Queyrières et de l'Argentière;

A l'ouest, par la ligne brisée RSTUX, qui joint d'abord ledit point R au point S, intersection du ruisseau de Loréon de Queyrières avec le chemin de Sainte-Marguerite à la montagne de Loréon; puis ledit point S au point T, naissance du ruisseau de Bruron, puis ledit point T au point U, angle ouest du chalet le plus à l'ouest du hameau du Poux; enfin le point U au point G, jonction inférieure du torrent de Saint-Sébastien et du canal des Lambourées, cette dernière ligne étant arrêtée à son intersection X avec la droite FG, qui va du pont de Saint-Sébastien, point F du plan, au sommet du pic dit le Grand-Puy, point G;

Au nord-est, par la portion XG de ladite droite FG, allant dudit point X au point G de départ.

DEUXIÈME PARTIE. — *Au sud-ouest*, par la portion RA de la ligne droite HA, qui joint le pic de Loréon, point H, au pont de Rif-faure, point A, comprise entre l'anneau de fer R susmentionné et ledit point A;

A l'ouest, par l'ancien tracé de la ronte nationale de Gap à Briançon, depuis le pont de Rif-faure, point A, jusqu'au point Q, jonction supérieure du raccourci appelé chemin d'Annibal avec ladite route nationale;

Au nord-est, par la droite QR, qui joint ledit point Q à l'anneau de fer R, point de départ;

Les deux portions comprises dans lesdites limites renfermant ensemble une superficie de 6 kilomètres quarrés, 41 hectares.

Art. 2. Il est fait concession, aux propriétaires de la concession des mines d'anthracite de Saint-Martin de Queyrières, des mines de même nature comprises, conformément au plan annexé au présent décret, dans les limites ci-après définies, commune de Saint-Martin de Queyrières, arrondissement de Briançon, département des Hautes-Alpes.

Première partie. — *Au nord-ouest*, l'axe du torrent de Saint-Sébastien, depuis le pont de Saint-Sébastien, point F du plan, jusqu'à son embouchure dans la Durance, point N;

A l'ouest, la rive gauche de la Durance, depuis ledit point N jusqu'au point D, où elle est coupée par la ligne droite EB, qui joint la chapelle Saint-Hippolyte, point E, à la chapelle Sainte-Anne, sur le bord de la route nationale de Gap à Briançon, point B;

Au sud-ouest, la portion DI de ladite droite EB allant dudit point D jusqu'au point I, où son prolongement coupe le bord oriental de la route nationale de Gap à Briançon;

A l'est, par le bord oriental de ladite route nationale, depuis le point I jusqu'au pont de Saint-Sébastien, point F de départ.

Deuxième partie.—*Au sud-ouest*, la portion FX de la droite FG allant du pont de Saint-Sébastien, point F, au sommet du pic dit le Grand-Puy, point G, mais arrêtée à son intersection X avec la droite UG, allant du point U, angle ouest du chalet le plus à l'ouest du hameau du Poux, au point C, jonction inférieure du torrent de Saint-Sébastien et du canal des Lambourées;

A l'est, la portion XG de ladite droite UG;

Au nord, l'axe du torrent de Saint-Sébastien, depuis ledit point G jusqu'au pont de Saint-Sébastien, point F de départ (limite sud de la concession de Roche-Baron);

Les deux portions comprises dans lesdites limites renfermant ensemble une étendue de 1 kilomètre quarré, 1 hectare 48 ares.

Art. 3. Cette concession sera réunie à la partie conservée de la concession de Saint-Martin de Queyrières, instituée par ordonnance royale du 16 décembre 1834, pour ne former avec elle qu'une seule et même concession.

En conséquence, la concession des mines d'anthracite de Saint-Martin de Queyrières est et demeure limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit :

Au nord, par le torrent de Saint-Sébastien, depuis le point G, jonction inférieure dudit torrent et du canal des Lambourées, jusqu'à son embouchure dans la Durance, point N;

A l'ouest, par la rive gauche de la Durance, depuis ledit point N, jusqu'au point D, où elle est coupée par la ligne droite EB, qui

joint la chapelle Saint-Hippolyte, point E, à la chapelle Sainte-Anne, sur le bord de la route nationale de Gap à Briançon, point B; puis par la portion DI de ladite droite EB, allant dudit point D jusqu'au point I, où son prolongement coupe le bord oriental de la route nationale; enfin par le bord oriental de ladite route nationale, depuis le point I jusqu'au point Q, jonction supérieure du raccourci appelé chemin d'Annibal avec la route;

Au sud, par la droite QR, qui joint ledit point Q au point R, anneau de fer scellé dans le rocher, sur la limite des communes de Saint-Martin de Queyrières et de l'Argentière;

A l'est, par la ligne brisée RSTUG, qui joint d'abord ledit point R au point S, intersection du ruisseau de Loréon de Queyrières avec le chemin de Sainte-Marguerite à la montagne de Loréon; puis ledit point S au point T, naissance du ruisseau de Bruron, puis ledit point T au point U, angle ouest du chalet le plus à l'ouest du hameau de Poux, enfin le point U au point G de départ;

Lesdites limites renfermant une superficie de 5 kilomètres quarrés, 35 hectares, 48 ares.

Art. 4. Sont expressément réservés les droits des tiers et notamment des propriétaires de la surface, à raison des dommages résultant de tous anciens travaux qui pourraient avoir été opérés, par les concessionnaires, dans l'étendue retranchée de la concession.

Art. 6. Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une rente annuelle de 0f,05 par hectare de terrain compris dans la surface ajoutée à la concession.

En outre, les concessionnaires seront tenus de livrer aux habitants de Queyrières et de Saint-Martin de Queyrières, pour leur chauffage et la cuisson de la chaux, l'anthracite provenant des gîtes compris dans l'extension de concession, au même prix que celui qui sera en vigueur pour l'anthracite provenant de la concession primitive, en vertu de l'article 5 de l'ordonnance du 16 décembre 1834.

Extrait du cahier des charges de la concession des mines d'anthracite de Saint-Martin de Queyrières, *département des* Hautes-Alpes.

(Extrait.)

Art. 5. L'anthracite menu et les matières susceptibles de s'enflammer spontanément dans l'intérieur des mines seront transportés au jour, au fur et à mesure de l'avancement des travaux, à moins d'une autorisation spéciale du préfet, délivrée sur le rapport de l'ingénieur des mines.

Art. 6. Les concessionnaires seront tenus de se conformer aux mesures, qui seraient prescrites par l'administration, pour prévenir les dangers résultant de la présence du gaz inflammable et de son explosion dans les mines, et de supporter les charges qui pourraient, à cet effet, leur être imposées.

Décret du président de la République française, du 24 novembre 1871, portant extension du périmètre de la concession des mines d'anthracite de CHAMPDERNIER (Savoie).

(EXTRAIT.)

Art. 1er. Il est fait concession au propriétaire de la concession de mines d'anthracite de Champdernier, instituée par décret du roi de Sardaigne, du 15 janvier 1852, des mines de même nature comprises, conformément au plan annexé au présent décret, d'une part, entre les limites BDMN de la concession de Champdernier, et, d'autre part, entre les limites ci-après définies, communes de la Perrière et des Allues, arrondissement de Moûtiers; département de la Savoie :

Au nord, le torrent le Dorou, depuis son confluent avec le torrent des Allues, point E du plan, jusqu'à son confluent avec le ruisseau de Villarenard, à l'angle nord-est de la parcelle cadastrale n° 5.474 de la mappe de la Perrière, point F;

A l'est, le ruisseau de Villarenard, depuis ledit point F jusqu'au point G, où il est croisé par le chemin dit de Pierre-Rouge, à l'angle sud-est de la parcelle n° 2804 de la mappe de la Perrière, puis la droite GH', qui joint ledit point G au point R, angle nord-ouest de la maison le plus à l'est du hameau du Miaz, inscrite sous le n° 1899 de la mappe de la Perrière; ladite droite étant prolongée jusqu'à son intersection H' avec la droite HI, qui joint le point H, borne communale située le plus au nord sur le n° 2492 1/2 de ladite mappe, mas dit pré à l'Anglaisaz, endroit appelé pas de la Cassemuis, sur la limite des communes de la Perrière et des Allues, au point I, où le chemin, qui va du hameau du Plantin au hameau de Raffort, croise un ruisseau coulant au nord dudit hameau du Plantin;

Au sud, la portion H'I de ladite droite HI, depuis le point H' jusqu'au point I, puis ledit ruisseau coulant au nord du hameau du Plantin, depuis le point I jusqu'à son confluent avec le torrent des Allues, point K;

A l'ouest, ledit torrent des Allues, depuis le point K jusqu'à son confluent avec le torrent le Dorou, point E de départ ;

Lesdites limites renfermant une superficie de 3 kilomètres quarrés, 88 hectares, 46 ares, déduction faite du rectangle BDMN, qui y est enclavé en totalité.

Art. 2. Cette concession sera réunie à la concession de Champdernier, instituée par décret du roi de Sardaigne, du 15 janvier 1852, pour ne former avec elle qu'une seule et même concession.

En conséquence, la concession des mines d'anthracite de Champdernier est et demeure limitée conformément au plan annexé au présent décret, par le contour EFGH'IKE, défini à l'article 1er ; lesdites limites renfermant une superficie de 3 kilomètres quarrés, 98 hectares, 96 ares.

Art. 4. Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une rente annuelle de 0f,05 par hectare de terrain compris dans la concession et à une redevance en nature de 2 p. 100 des produits bruts extraits, en faveur des propriétaires sur le terrain desquels ces produits auront été extraits. Néanmoins les terrains compris dans la concession accordée par le décret royal susvisé, du 15 janvier 1852, continueront à être exempts de ces rente et redevance.

Art. 5. Le concessionnaire sera tenu de livrer sur le carreau de ces mines, au prix invariable de 0f,50 les 100 kilogrammes, et jusqu'à concurrence de 100 quintaux métriques par an, l'anthracite qui lui sera demandé pour la consommation des forges maréchales ou des fours à chaux de la commune des Allues.

Un règlement, sous forme d'arrêté préfectoral, rendu sur l'avis de l'ingénieur des mines, le conseil municipal des Allues et le concessionnaire entendus, déterminera le mode de délivrance de l'anthracite, pour les forges maréchales et pour les fours à chaux.

Extrait du cahier des charges de la concession des mines d'anthracite de CHAMPDERNIER (Savoie).

Art. 5. Les plans et le mémoire fournis en exécution des précédents articles 2 et 4 contiendront le tracé et la déclaration des propriétés territoriales, que le champ d'exploitation devra embrasser; un extrait de la déclaration, rédigé par l'ingénieur des mines, sera affiché pendant un mois à la porte des mairies dans toutes les communes où le champ d'exploitation devra s'étendre.

Art. 6. Aussitôt que le concessionnaire portera l'extraction sous une propriété nouvelle, il sera tenu d'en prévenir le propriétaire du sol. Ce propriétaire pourra placer, à ses frais, sur la mine, un préposé pour vérifier la quotité des produits journaliers de l'exploitation.

Art. 7. L'anthracite menu et les matières susceptibles de s'enflammer spontanément dans l'intérieur des mines seront transportés au jour, au fur et à mesure de l'avancement des travaux, à moins d'une autorisation spéciale du préfet, délivrée sur le rapport de l'ingénieur des mines.

Art. 8. Le concessionnaire sera tenu de se conformer aux mesures qui seraient prescrites par l'administration, pour prévenir les dangers résultant de la présence du gaz inflammable et de son explosion dans les mines, et de supporter les charges qui pourraient à cet effet lui être imposées.

Art. 11. La déclaration du concessionnaire contiendra la désignation des propriétés auxquelles correspondra le champ de travaux qu'il s'agira d'abandonner. Cette déclaration sera affichée, ainsi qu'il est dit à l'article 5.

Art. 14. Les plans et registres mentionnés dans l'article précédent contiendront l'indication des propriétés territoriales sous lesquelles l'exploitation aura lieu.

Décret du président de la République française, du 8 *décembre* 1871, *portant extension du périmètre de la concession des mines d'anthracite de* CÔTE-VÉLIN (Haute-Savoie).

(EXTRAIT.)

Art. 1er. Il est fait concession à la société propriétaire de la concession des mines d'anthracite de Côte-Vélin, instituée par décret du gouvernement sarde du 16 février 1858, des mines de même nature comprises, conformément au plan annexé au présent décret, dans les limites ci-après définies, commune des Fourneaux, arrondissement de Saint-Jean-de-Maurienne, département de la Savoie :

Au nord, la ligne droite AI, qui joint le point A, où le chemin vicinal dit de Chellon, allant des Fourneaux à Modane, coupe la rive droite du torrent du Charmaix, au clocher de l'église des Fourneaux, point I ;

A l'ouest, la ligne droite IH, qui joint ledit point I à l'angle nord du chalet inscrit sous le n° 1677 de la mappe communale des Fourneaux, point H ;

Au sud, la ligne droite HE qui joint ledit point H à la borne communale E, située à 175 mètres au sud du chalet des Côtes ;

A l'est, la limite séparative des communes des Fourneaux et de Modane, depuis ledit point E jusqu'au point C, intersection de cette limite avec la rive droite du torrent du Charmaix ; puis la rive droite de ce torrent, depuis ledit point C jusqu'au point A de départ ;

Lesdites limites renfermant une superficie de 30 hectares, 78 ares.

Art. 2. Cette concession sera réunie à la concession de Côte-Vélin, pour ne former avec elle qu'une seule et même concession.

En conséquence, la concession des mines d'anthracite de Côte-Vélin est et demeure limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit :

Au nord, par le chemin dit de Chellon, depuis son intersection avec la limite séparative des communes des Fourneaux et de Modane, point B, jusqu'à son intersection avec la rive droite du torrent de Charmaix, point A; puis par la ligne droite AI, qui joint ledit point A au clocher de l'église des Fourneaux, point I;

A l'ouest, par la ligne droite IH, qui joint ledit point I à l'angle nord du chalet inscrit sous le n° 1677 de la mappe communale des Fourneaux, point H;

Au sud, par la ligne droite HE, qui joint ledit point H à la borne communale E, située à 175 mètres au sud du chalet des Côtes;

A l'est, par la limite séparative des communes des Fourneaux et de Modane, depuis ledit point E jusqu'au point B de départ;

Lesdites limites renfermant une superficie de 41 hectares, 78 ares.

Art. 4. Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de $0^f,05$ par hectare de terrain compris dans la concession.

Art. 10. Les concessionnaires seront tenus, conformément à l'article 7 de la loi du 27 avril 1838, de désigner, par une déclaration authentique faite au secrétariat de la préfecture, celui d'entre eux ou toute autre personne, à qui ils auront donné les pouvoirs nécessaires pour correspondre en leur nom avec l'autorité administrative et, en général, pour les représenter vis-à-vis de l'administration, tant en demandant qu'en défendant.

Art. 13. La présente concession ne préjudicie en rien aux droits, acquis au concessionnaire des mines de fer de Fourneaux par le décret royal du 3 juin 1860, dans l'étendue concédée aujourd'hui pour l'anthracite, de pratiquer toutes les ouvertures qui seront reconnues utiles à l'exploitation de la mine, soit près de la surface, soit dans la profondeur, sauf l'application réciproque, s'il y a lieu, des dispositions de l'article 45 de la loi du 21 avril 1810.

Extrait du cahier des charges de la concession des mines d'anthracite de CÔTE-VÉLIN, *département de la* Savoie.

Art. 5. L'anthracite menu et les matières susceptibles de s'enflammer spontanément dans l'intérieur des mines seront transportés au jour au fur et à

mesure de l'avancement des travaux, à moins d'une autorisation spéciale du préfet délivrée sur le rapport de l'ingénieur des mines.

Art. 6. Les concessionnaires seront tenus de se conformer aux mesures qui seraient prescrites par l'administration, pour prévenir les dangers résultant de la présence du gaz inflammable et de son explosion dans les mines, et de supporter les charges qui pourront à cet effet leur être imposées.

Décret du président de la République française, du 8 *décembre* 1871, *portant concession au sieur* DOUZARBRE (Dominique) *de mines d'anthracite comprises sur la commune des* Fourneaux, *arrondissement de* Saint-Jean-de-Maurienne, *département de la* Savoie.

(EXTRAIT.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de la Lentillière*, est limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une ligne droite joignant le clocher de l'église des Fourneaux, point I, à l'angle ouest de la parcelle n° 1363 de la mappe communale des Fourneaux, point G ;

A l'ouest, par la ligne droite formant limite séparative entre les communes des Fourneaux et du Freney, depuis ledit point G jusqu'à la borne communale, dite du mas-sous-Arplane, point F ;

Au sud, par une ligne droite joignant ledit point F à l'angle nord d'un chalet inscrit sous le n° 1677 de la mappe communale des Fourneaux, point H ;

A l'est, par une ligne droite joignant ledit point H au clocher de l'église des Fourneaux, point I de départ ;

Lesdites limites renfermant une superficie de 1 kilomètre quarré, 8 hectares, 24 ares.

Art. 4. Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de 0f,05 par hectare de terrains compris dans la concession.

Extrait du cahier des charges de la concession des mines d'anthracite de la LENTILLIÈRE, *département de la* Savoie.

Art. 5. L'anthracite menu et les matières susceptibles de s'enflammer spontanément dans l'intérieur des mines seront transportés au jour au fur et à

mesure de l'avancement des travaux, à moins d'une autorisation spéciale du préfet, délivrée sur le rapport de l'ingénieur des mines.

Art. 6. Le concessionnaire sera tenu de se conformer aux mesures qui seraient prescrites par l'administration, pour prévenir les dangers résultant de la présence du gaz inflammable et de son explosion dans les mines, et de supporter les charges qui pourraient, à cet effet, lui être imposées.

Décret du président de la République française, du 27 décembre 1871, portant extension du périmètre de la concession des mines de lignite de la Bastide-Blanche (Var).

(Extrait.)

Art. 1er. Il est fait concession, au propriétaire de la concession des mines de lignite de la Bastide-Blanche, des mines de même nature situées dans la commune de Nans, arrondissement de Brignolles, et comprises, conformément au plan annexé au présent décret, dans les limites ci-après définies :

Au nord, la ligne droite AB partant de la Bigue des quatre chemins, située à la bifurcation de la route départementale n° 1, de Marseille à Brignoles, et de la route nationale n° 6, de Marseille à Digne, point A, et aboutissant à la culée droite du pont de Cauron, point B, et la ligne droite BC, partant du point B ci-dessus défini et aboutissant à la source de Peivarayé, point C; ces limites se confondant avec celles de la concession de la Bastide-Blanche, instituée par décret du 5 décembre 1866;

A l'est, la ligne droite CJ, partant du point C ci-dessus défini et aboutissant à l'angle le plus à l'ouest du Jas-de-Castinel, point J;

Au sud, la ligne droite JI, allant du point J ci-dessus défini, à l'angle sud-est de la maison de la Lionne, point I;

A l'ouest, la ligne droite IH, partant du point I ci-dessus défini et allant à la croix de Bala, point H, et la ligne droite HA, partant dudit point H et aboutissant au point de départ A.

Ces limites, teintées en jaune, renferment une étendue superficielle de 2 kilomètres quarrés, 56 hectares, 21 ares.

Art. 2. La présente concession sera réunie à la concession de la Bastide-Blanche, instituée par décret du 5 décembre 1866, pour ne former avec elle qu'une seule et même concession.

En conséquence, la concession des mines de lignite de la Bastide-Blanche est et demeure limitée, conformément au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit :

Au nord, par la ligne droite AD, partant de la Bigue des quatre-chemins, située à la bifurcation de la route départementale n° 1, de Marseille à Brignoles, et de la route nationale n° 6, de Marseille à Digne, point A, et allant à la borne n° 10, située à la limite des communes de Nans et de Rougiers, point D;

A l'est, par la ligne droite DC, partant du point D ci-dessus défini et allant à la fontaine de Peivarayé, point C, et par la ligne droite CJ, allant dudit point C à l'angle le plus à l'ouest du Jas-de-Castinel, point J;

Au sud, par la ligne droite JI, allant du point J ci-dessus défini, à l'angle sud-est de la maison de la Lionne, point I;

A l'ouest, par la ligne droite IH, allant du point I ci-dessus défini à la croix de Bala, point H, et par la ligne droite HA, partant dudit point H et aboutissant au point de départ A;

Ces limites renfermant une étendue superficielle de 4 kilomètres quarrés, 99 hectares, 50 ares.

Art. 3. Il n'est dérogé en rien aux autres dispositions du décret du 5 décembre 1866, lesquelles sont rendues applicables à l'ensemble de la concession, délimitée comme il est dit ci-dessus, notamment en ce qui concerne les redevances attribuées par ledit décret aux propriétaires du sol.

Art. 4. Les clauses et conditions du cahier des charges annexé au décret susmentionné sont également rendues applicables à l'ensemble de la concession.

CIRCULAIRES ET INSTRUCTIONS

ADRESSÉES

A MM. LES PRÉFETS, A MM. LES INGÉNIEURS DES MINES, ETC.

NOVEMBRE ET DÉCEMBRE 1871.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

Production et consommation des combustibles minéraux en 1869 et 1870.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 2 décembre 1871.

Monsieur le Préfet, les tristes événements dont la France a été le théâtre, en 1870, n'ayant point permis à MM. les Ingénieurs des mines de recueillir, aux époques habituelles, pour une partie du territoire, les renseignements relatifs à la situation de l'industrie minérale, l'administration a pensé qu'il y avait lieu d'attendre des temps plus favorables, pour réclamer d'eux des informations précises au sujet de la production des mines et usines comprises dans leur arrondissement.

Le moment me paraît venu de combler cette lacune regrettable; MM. les Ingénieurs des mines auront pu, dans les tournées qu'ils ont faites cette année, recueillir les éléments du travail qu'ils ont à produire, pour les deux années 1869 et 1870, et je viens vous prier de vouloir bien les inviter à s'en occuper d'urgence.

Vous trouverez ci-joints, en quadruple expédition, les modèles des tableaux sur lesquels devront être consignés les renseignements relatifs à la production et à la consommation des combustibles minéraux; je vous prie de vouloir bien les faire parvenir sans délai à M. l'Ingénieur en chef des mines de votre département.

Ces tableaux sont exactement semblables à ceux des années précédentes et je n'ai pas, dès lors, d'explications spéciales à donner en ce qui les concerne. Je ne crois pas inutile, toutefois, de faire remarquer qu'il importe de ne pas insérer sur les mêmes tableaux les renseignements afférents aux deux années 1869 et 1870, et qu'il y a lieu, au contraire, de dresser des états distincts pour chacun de ces exercices.

MM. les Ingénieurs devront faire tous leurs efforts pour avoir terminé leur travail, au plus tard, vers la fin de décembre; ce travail vous sera remis et je vous serai obligé, Monsieur le Préfet, de me le transmettre, dès qu'il vous sera parvenu.

Veuillez, je vous prie, m'accuser réception de la présente circulaire, dont j'adresse ampliation à MM. les Ingénieurs.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre des travaux publics.

Pour le Ministre et par autorisation :

Le Secrétaire général,

DE BOUREUILLE.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

Consistance et production des usines à fer en 1869 et 1870.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 6 décembre 1871.

Monsieur le Préfet, j'ai eu l'honneur de vous transmettre, il y a quelques jours, pour être remplis par MM. les Ingénieurs des mines, les états statistiques relatifs à la production et à la consommation des combustibles minéraux pendant les années 1869 et 1870.

Je viens vous adresser aujourd'hui les tableaux qui concernent la consistance et la production des usines à fer pour ces mêmes exercices, et je vous prie également de vouloir bien les transmettre à MM. les Ingénieurs des mines de votre département, en leur recommandant de faire en sorte qu'ils puissent m'être renvoyés, par votre intermédiaire, dans les derniers jours de décembre.

Je désire, comme les années précédentes, que MM. les Ingénieurs joignent à leur travail des notes détaillées, faisant connaître, aussi exactement que possible, le prix de revient des produits dont il est fait mention sur leurs états. Je leur recommande, d'ailleurs, d'indi-

quer séparément, pour chaque sorte de produit et par quintal, le poids et la valeur des matières premières et des combustibles consommés, la dépense en main-d'œuvre et les frais généraux, tout en ayant soin de distinguer autant que possible les frais que nécessite la fabrication proprement dite, tels que les dépenses de direction et l'intérêt des fonds de roulement, des frais afférents à l'intérêt des capitaux engagés dans la construction des usines.

Veuillez, Monsieur le Préfet, m'accuser réception de la présente circulaire, dont j'adresse ampliation à MM. les Ingénieurs.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre des travaux publics.

Pour le Ministre et par autorisation :

Le Secrétaire général,

DE BOUREUILLE.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

Mines et minières métalliques. — Métaux autres que le fer. — Années 1869 et 1870.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 7 décembre 1871.

Monsieur le Préfet, j'ai l'honneur de vous adresser en quadruple expédition les tableaux nos 5 et 6, sur lesquels MM. les Ingénieurs devront consigner les renseignements statistiques relatifs à la production des métaux autres que le fer, et des mines et minières métalliques pendant les années 1869 et 1870.

Les états n° 5 sont destinés à faire connaître les noms des mines et des groupes de minières, le nombre et le salaire des ouvriers employés dans les exploitations, les redevances payées aux propriétaires du sol, le poids et la valeur des produits extraits, etc., etc.

Les états n° 6 s'appliquent aux usines métallurgiques autres que les usines à fer; il conviendra d'y relater, suivant l'usage, le nom de chaque usine, le nombre et la nature des fourneaux où les métaux s'élaborent, le poids et la valeur des matières premières employées, des combustibles consommés et des produits obtenus, etc., etc...

Veuillez, Monsieur le Préfet, transmettre les états dont il s'agit à MM. les Ingénieurs des mines de votre département, et les prier de faire en sorte qu'ils puissent m'être renvoyés au commencement du mois de janvier prochain. Ces états devront me parvenir,

comme d'habitude, par votre intermédiaire, et je recevrai avec reconnaissance les observations que vous voudrez bien y ajouter.

Je vous prie, Monsieur le Préfet, de m'accuser réception de la présente circulaire, dont j'adresse ampliation à MM. les Ingénieurs.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre des travaux publics.

Pour le Ministre et par autorisation :

Le Secrétaire général,

DE BOUREUILLE.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

Production du sel marin en 1869 et 1870.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 8 décembre 1871.

M. le Préfet, j'ai l'honneur de vous adresser, par le courrier de ce jour, les formules imprimées sur lesquelles doivent être consignés les renseignements statistiques relatifs à la production du sel marin, en France, pendant chacune des années 1869 et 1870.

J'appelle, d'une manière toute spéciale, l'attention de MM. les ingénieurs sur l'évaluation des prix moyens, tout en leur recommandant d'adopter pour base de leurs calculs la valeur marchande des sels, défalcation faite de la valeur ajoutée par l'impôt.

Je désire, Monsieur le Préfet, recevoir les tableaux en question au plus tard dans la première quinzaine de janvier. Veuillez, je vous prie, recommander à MM. les ingénieurs des mines de votre département de faire en sorte de ne pas dépasser ce délai : les états, après avoir été remplis, vous seront adressés et je vous serai obligé de me les transmettre, avec les observations que vous jugerez utile d'y ajouter.

Veuillez m'accuser réception de la présente circulaire, dont j'adresse ampliation à MM. les ingénieurs.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre des travaux publics.

Pour le Ministre et par autorisation :

Le Secrétaire général,

DE BOUREUILLE.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

Accidents arrivés, en 1869 et 1870, dans les mines, minières, carrières et tourbières.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 9 décembre 1871.

Monsieur le Préfet, j'ai l'honneur de vous adresser ci-joints les tableaux destinés à recevoir les documents statistiques relatifs aux accidents arrivés, en 1869 et 1870, dans les mines, minières, carrières et tourbières de votre département.

Je n'ai point d'instructions nouvelles à adresser à MM. les ingénieurs, au sujet des renseignements qui font l'objet de ces états, et je me contenterai de leur rappeler que, dans le cas où ils n'ont à signaler aucun accident, ils n'en doivent pas moins relater séparément les chiffres des ouvriers employés dans chacune des natures d'exploitation en activité, tout en ayant soin de distinguer les travaux à ciel ouvert de ceux qui sont opérés souterrainement.

Je vous prie, Monsieur le Préfet, de prendre les mesures nécessaires pour que le travail de MM. les ingénieurs me parvienne, par votre intermédiaire, dans les premiers jours de janvier.

Je vous serai obligé, Monsieur le Préfet, de m'accuser réception de la présente circulaire, dont j'adresse ampliation à MM. les ingénieurs.

Recevez, Monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre des travaux publics.
Pour le Ministre et par autorisation :
Le Secrétaire général,
DE BOUREUILLE.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

Renseignements statistiques sommaires relatifs aux deux semestres de l'année 1871.—Production des mines de combustibles minéraux et des usines à fer.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 11 décembre 1871.

Monsieur le Préfet, j'ai l'honneur de vous adresser, en double expédition, les tableaux imprimés sur lesquels MM. les ingénieurs des mines devront successivement consigner les renseignements

statistiques sommaires relatifs à la production des mines de combustibles minéraux et des usines à fer pour les deux semestres de l'année courante.

Je désire, Monsieur le Préfet, recevoir les états concernant le premier semestre, dans les derniers jours du mois prochain. MM. les ingénieurs doivent posséder, dans les archives de leurs bureaux, les éléments de ce travail et il leur sera, en conséquence, facile de remplir les intentions que je viens d'exprimer. Quant aux états relatifs au second semestre, je tiens à ce qu'ils me parviennent au plus tard dans la première quinzaine de mars 1872.

Veuillez, Monsieur le Préfet, m'accuser réception de la présente circulaire, dont j'adresse ampliation à MM. les ingénieurs.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre des travaux publics.
Pour le Ministre et par autorisation :
Le Secrétaire général,
DE BOUREUILLE.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

Appareils à vapeur autres que ceux employés sur les bateaux ou dans l'enceinte des chemins de fer en exploitation. — Années 1869 et 1870.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 12 décembre 1871.

Monsieur le Préfet, j'ai l'honneur de vous adresser ci-joints les tableaux sur lesquels devront être inscrits, en ce qui concerne les années 1869 et 1870, les documents statistiques relatifs aux appareils à vapeur fixes ou locomobiles employés dans les établissements industriels ou agricoles.

Ces états étant exactement semblables à ceux des années précédentes, je n'ai pas d'instructions spéciales à adresser à MM. les ingénieurs, sur la nature des renseignements qu'ils ont pour but de fournir, et je me contenterai de leur rappeler qu'il n'y a point lieu d'y faire figurer les machines et chaudières employées dans l'enceinte des chemins de fer en exploitation.

Je vous prie, Monsieur le Préfet, de transmettre ces tableaux, sans délai, à MM. les ingénieurs chargés de la surveillance des appareils à vapeur dans votre département, en leur recommandant de vous en faire retour assez à temps pour que vous puissiez me les faire parvenir dans les premiers jours du mois de février 1872.

Veuillez, Monsieur le Préfet, m'accuser réception de la présente circulaire, dont j'adresse ampliation à MM. les ingénieurs.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre des travaux publics.
Pour le Ministre et par autorisation :
Le Secrétaire général,
DE BOUREUILLE.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

Bateaux à vapeur naviguant sur les fleuves, rivières, lacs et canaux, et bateaux stationnaires. — Années 1869 et 1870.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 13 décembre 1871.

Monsieur le Préfet, j'ai l'honneur de vous adresser les formules imprimées destinées à recevoir les renseignements statistiques relatifs, soit aux bateaux à vapeur qui ont navigué en 1869 et 1870, sur les fleuves, rivières, lacs et canaux de votre département, soit aux bateaux stationnaires sur lesquels on a fait usage, pendant le cours des mêmes exercices, de machines ou d'appareils à vapeur.

Je vous prie, Monsieur le Préfet, de transmettre ces tableaux, sans délai, à MM. les présidents des commissions de surveillance qui peuvent exister dans votre département, en leur demandant de les remplir sans aucun retard. Je vous serai obligé, dès que vous les aurez reçus, de me les faire parvenir avec les observations personnelles que vous pourriez avoir à y ajouter.

MM. les présidents des commissions de surveillance devront, d'ailleurs, lors de la rédaction des états dont il s'agit, ne point perdre de vue qu'il convient de relater, dans la colonne des observations des états n° 1, les lieux où sont établies les commissions de surveillance, ainsi que les noms et qualités des membres qui les composent.

Veuillez, Monsieur le Préfet, m'accuser réception de la présente circulaire.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre des travaux publics.
Pour le Ministre et par autorisation :
Le Secrétaire général,
DE BOUREUILLE.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

Bateaux à vapeur naviguant sur mer et bateaux stationnaires. — Années 1869 et 1870.

A M. le Préfet du département d

Paris, le 14 décembre 1871.

Monsieur le Préfet, j'ai l'honneur de vous transmettre ci-joints les états sur lesquels devront être insérés les documents statistiques relatifs aux bateaux à vapeur français naviguant sur mer qui avaient, en 1869 et 1870, leurs points de départ, de relâche, d'arrivée ou de stationnement, dans l'un des ports de votre département, et je vous prie de les faire parvenir sans délai à MM. les présidents des commissions de surveillance chargés de les remplir.

Les renseignements que ces tableaux sont destinés à fournir sont les mêmes que les années précédentes, et je n'ai par là même aucune instruction spéciale à donner en ce qui les concerne. Je me borne donc à vous prier de faire ce qui dépendra de vous pour qu'ils me parviennent, par votre intermédiaire, dans les derniers jours du mois de février prochain.

Veuillez, Monsieur le Préfet, m'accuser réception de la présente circulaire.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre des travaux publics.

Pour le Ministre et par autorisation :

Le Secrétaire général,

DE BOUREUILLE.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

Machines locomotives et appareils à vapeur fixes employés dans l'enceinte des chemins de fer. — Combustibles consommés dans les machines, dépôts, ateliers, stations, etc., etc. — Années 1869 et 1870.

A M. , *chargé de la direction du contrôle d*

Paris, le 15 décembre 1871.

Monsieur, j'ai l'honneur de vous transmettre, en double expédition, les formules destinées à recevoir les renseignements relatifs aux machines locomotives et aux appareils fixes employés,

en 1869 et 1870, sur les chemins de fer dont le contrôle se trouve placé dans vos attributions.

Vous trouverez joints à cet envoi des tableaux sur lesquels devront être consignés, suivant l'usage, les poids et valeurs des cokes, houilles et briquettes de chaque provenance, employés tant dans les ateliers qu'au chauffage des machines fixes ou locomotives et des locaux dépendant des stations.

Je désire, Monsieur, recevoir un exemplaire de ces états, au plus tard, dans les derniers jours du mois de février prochain, et je vous serai obligé de faire tout ce qui dépendra de vous pour que ce délai ne soit pas dépassé.

Je vous prie de m'accuser réception du présent envoi.

Recevez, Monsieur, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre des travaux publics.

Pour le Ministre et par autorisation :

Le Secrétaire général,

DE BOUREUILLE.

PERSONNEL.

DÉCRETS ET DÉCISIONS RELATIFS AU PERSONNEL DES MINES.

NOVEMBRE ET DÉCEMBRE 1871.

DÉCRET.

29 *décembre* 1871.—M. Combes, inspecteur général de 1re classe, né le 26 décembre 1801, est admis à faire valoir ses droits à la retraite.

DÉCISIONS MINISTÉRIELLES.

Néant.

DÉCÈS.

M. Jausions, ingénieur ordinaire de 1re classe, est décédé le 30 décembre 1871.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME X.

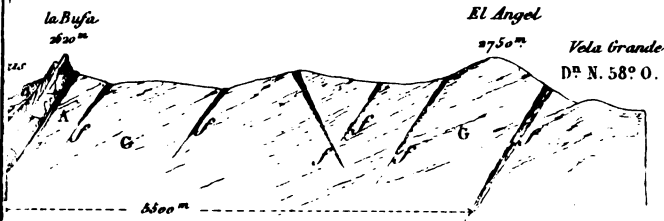
Lois, décrets et arrêtés concernant les mines, usines, etc.

Circulaires et instructions adressées à MM. les préfets et les ingénieurs des mines.

Décrets et décisions relatives au personnel des mines.

L'Éditeur Gérant, Dunod.—822—Paris.— Imp. Cusset et Ce, rue Racine, 26.

Coupe à Zacatecas



Coupe au Fresnillo.

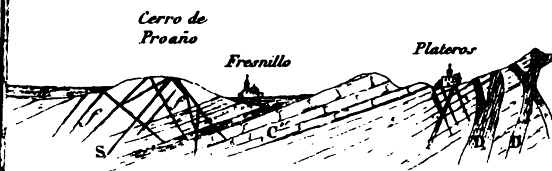
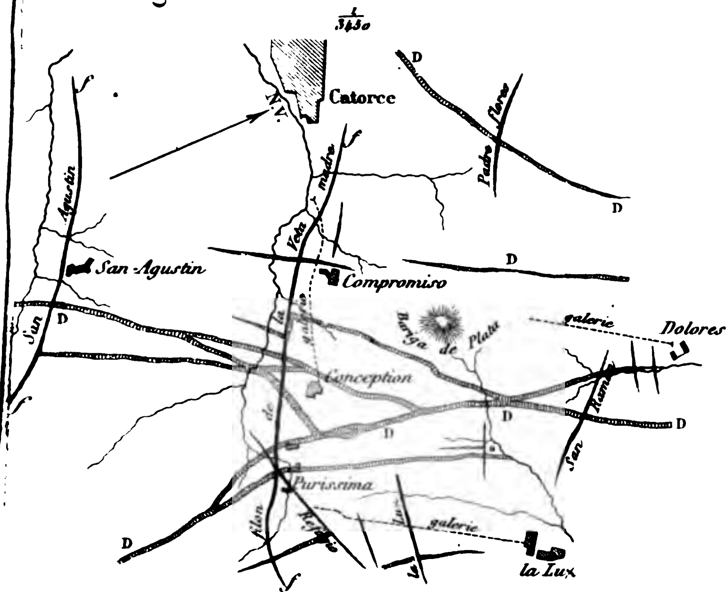


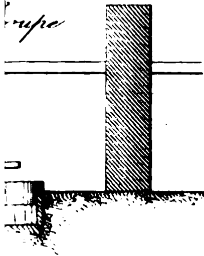
Fig. 10. District de Catorce.

1/3450

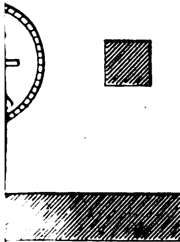


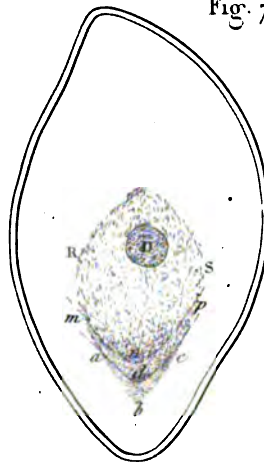
...risation (arrastras.)

...rupe



...astras. plan.





Cloche à distiller le mercure de l'amalgame d'argent (Capellina.)

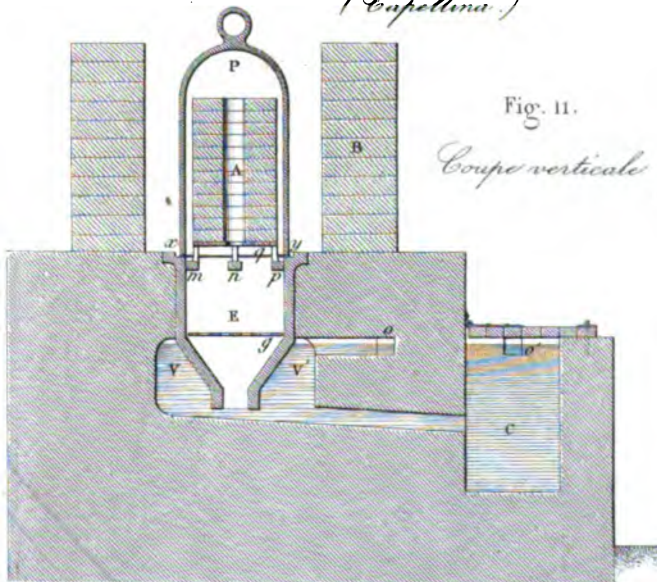


Fig. 11.

Coupe verticale

Lemaitre del. et sc.

Planilla circulaire de Guanajuato

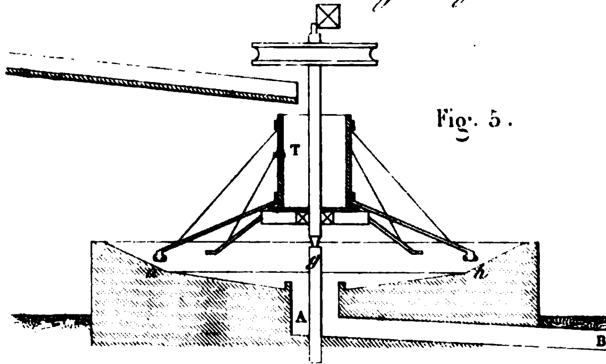
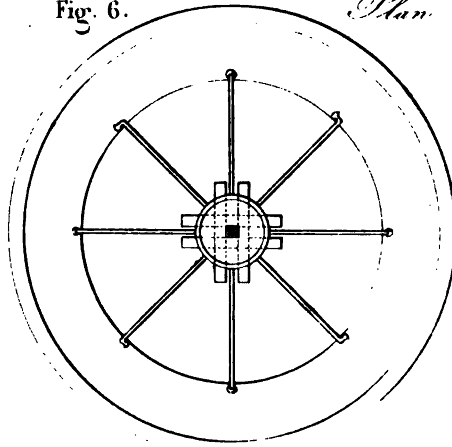
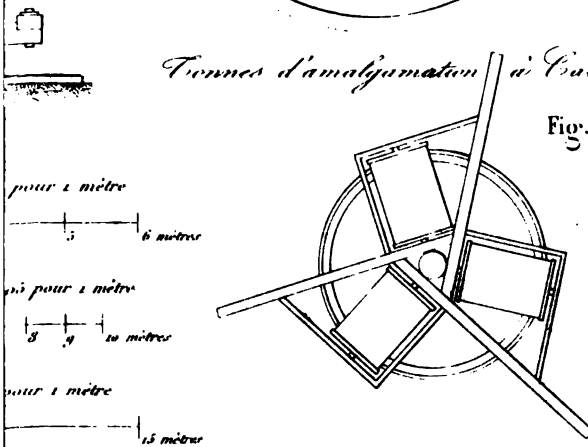


Fig. 6. *Plan*



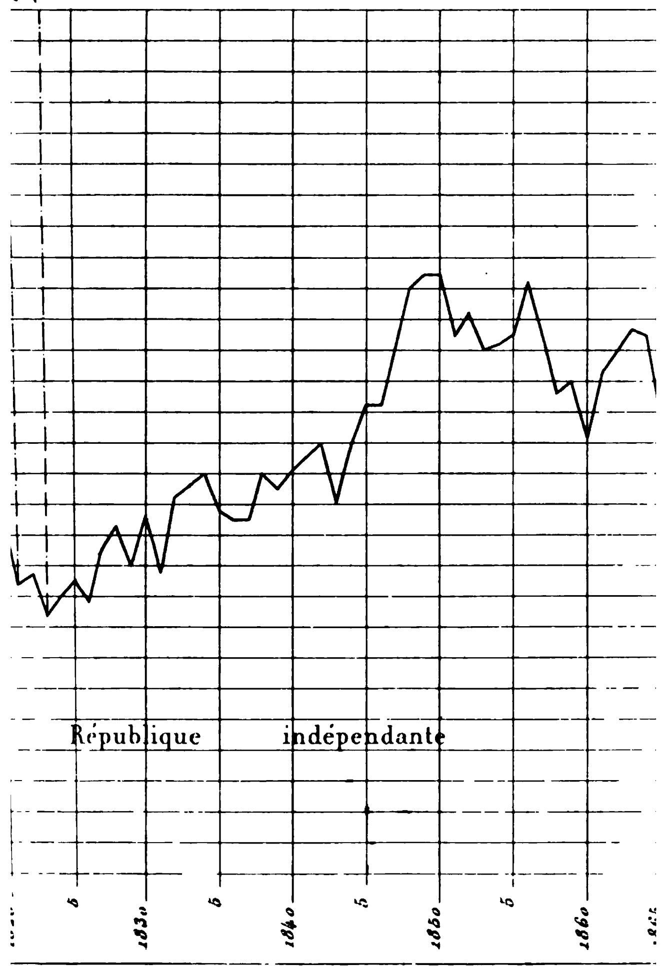
Tonnes d'amalgamation à Catorce

Fig. 13.



Lemaitre del et sc

à 1865



Lemaitre

Pl. V.

Fig. 2.

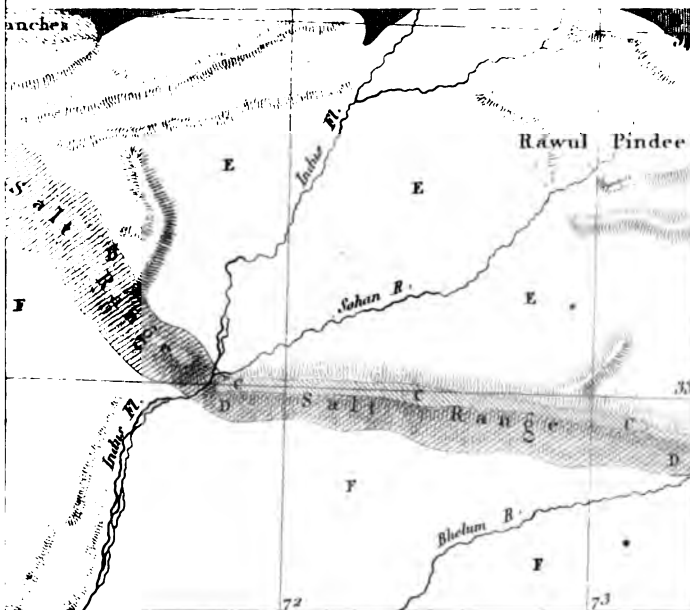


Fig. 3.

N.N.E.



Fig. 4.

S.S.E.

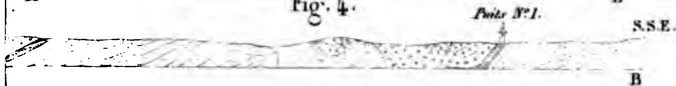
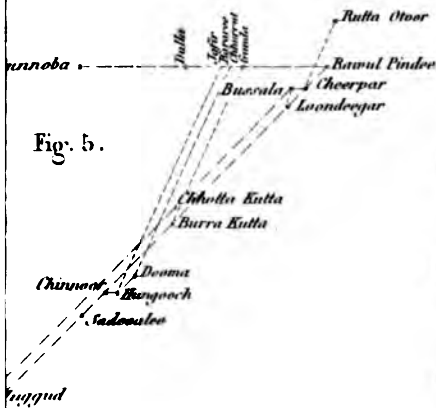


Fig. 5.



Légende des Fig. 3 et 4



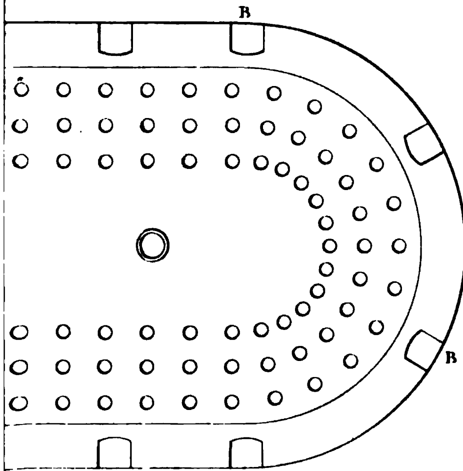
Lemaitre del. et sc.

...ues et du calcaire.

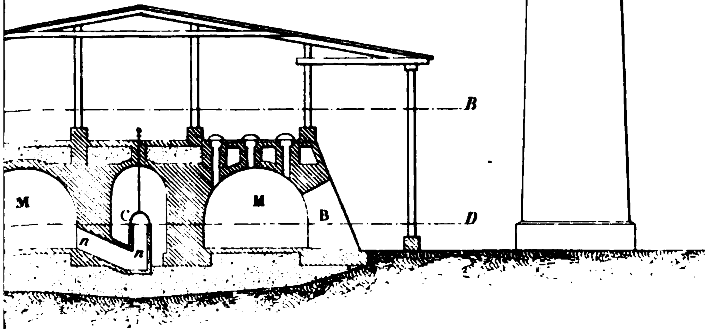
... allongé.

...s horizontales.

sur AB.



... verticale sur M.N. du plan Fig. 3.



Lemaitre del. et sc.

par e f.

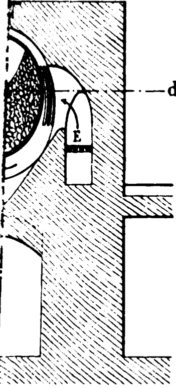


Fig. 4.

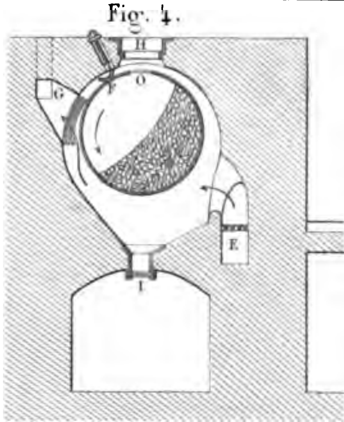
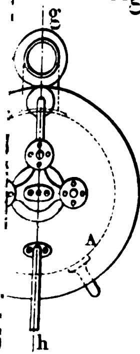
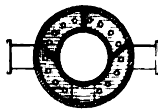


Fig. 8. *Coupe* i k





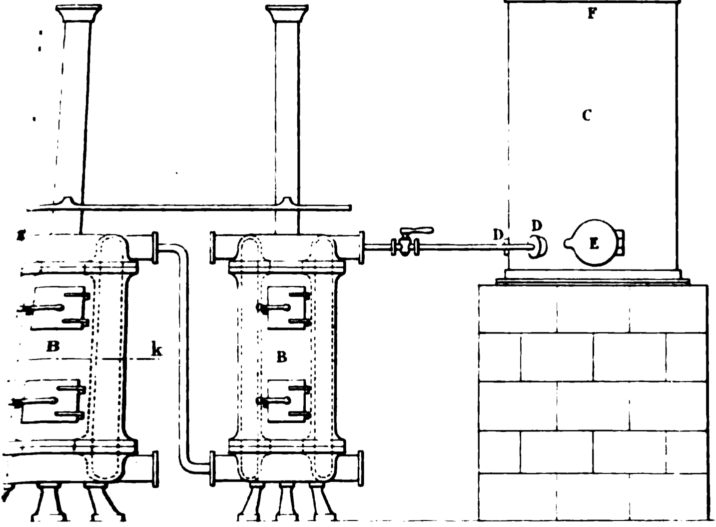
Echelle de la Fig. 1.
de 0m 0004 pour 1 mètre

50 mètres

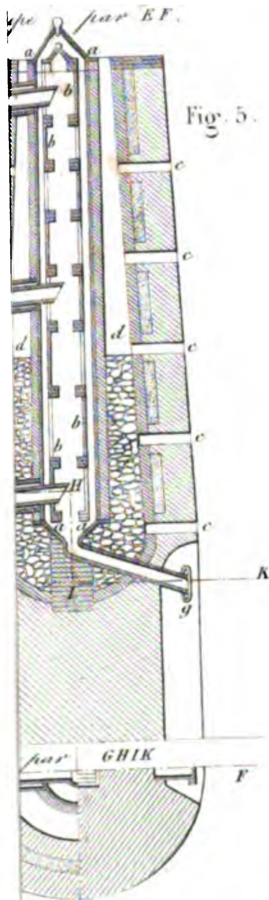
Echelle des Fig. 2 à 4, 9, 11 et 12 de 0m 01 p. 1 m.

1 2 3 4 5 mètres

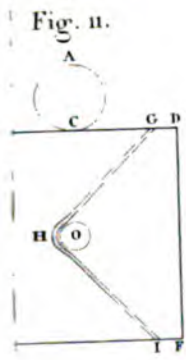
Fig. 5.

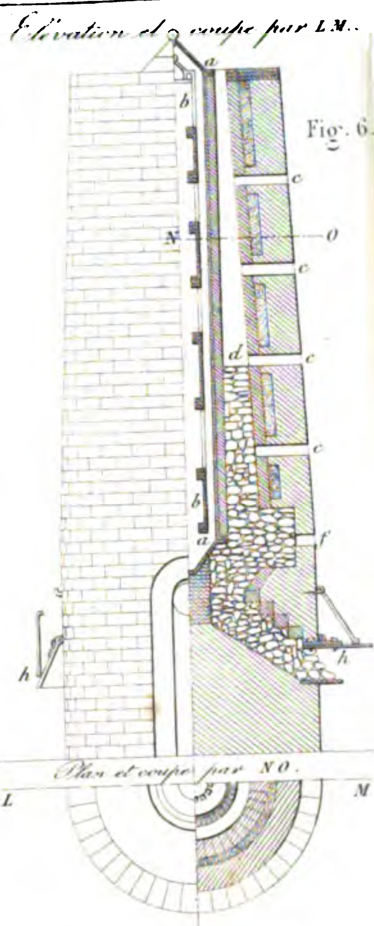


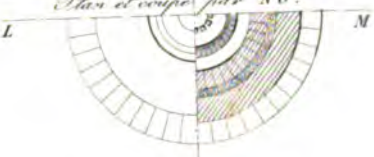
Lemaitre sc.

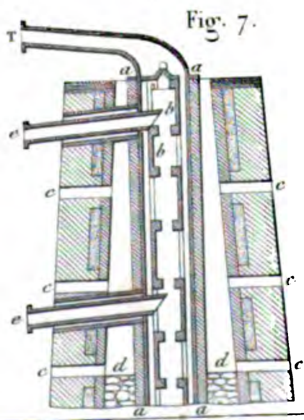












Lemaitre del e

Fig. 2. *Coupe par* yz. Fig. 3. *Coupe par* vx.

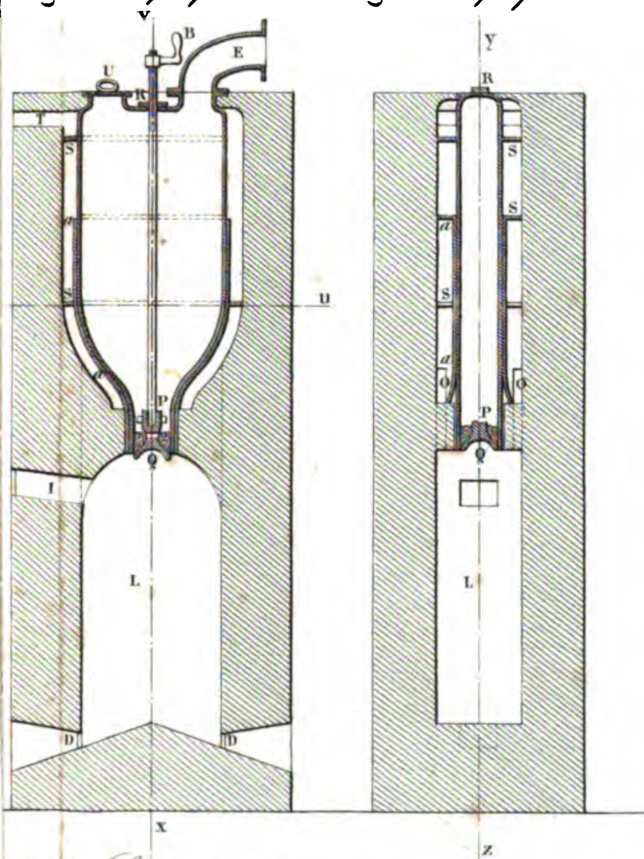
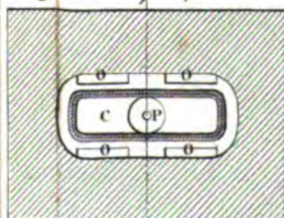
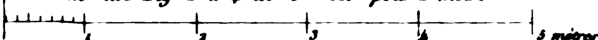


Fig. 4. *Coupe par* tu.



Echelle des Fig. 2 à 4 de 0m 015 pour 1 mètre



 Lemaitre del et sc

